Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/architecturehydr22beli

R. H. Galloway

ARCHITECTURE HYDRAULIQUE,

OU

L'ART DE CONDUIRE,

D'ELEVER, ET DE MÉNAGER

LES EAUX

POUR LES DIFFÉRENS BESOINS DE LA VIE.

TOME SECOND.

Par M. BELIDOR, *Commissaire Provincial d'Artillerie.*

A PARIS, RUE DAUPHINE,

Chez CHARLES-ANTOINE JOMBERT, Libraire du Roi pour l'Artillerie & le Génie, à l'Image Notre-Dame.

M. DCC. XXXIX.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.

a reprint

AVANT-PROPOS.

N'AYANT pu me diſpenſer de prolonger d'un an le terme auquel devoit paroître ce ſecond Volume, il eſt juſte de rendre compte de ce retardement, en faiſant voir que le principal motif a été de mettre cet Ouvrage en état de mériter le ſentiment avantageux que le Public ſemble en avoir conçu.

Quand on eſt un peu jaloux de ſa réputation & délicat ſur la préciſion qui convient au ſujet que l'on traite, il ne faut ſouvent qu'une réflexion judicieuſe pour trouver médiocre un ouvrage qu'on avoit cru digne de quelque conſidération ; alors ſi l'on eſt encore en poſſeſſion de ſon manuſcrit, on s'eſtime heureux d'être le maître de le ſupprimer, ou de lui donner une nouvelle forme ; celui de ce volume étoit entre les mains de l'Imprimeur, & je croyois n'avoir plus rien à y retoucher, lorſqu'une occaſion imprévue me déſabuſa d'un ſentiment qui paroiſſoit d'autant plus naturel, que je n'avois rien négligé pour le mettre en état de voir le jour dans le tems preſcrit.

Meſſieurs les Prevôt des Marchands & Echevins de la Ville de Paris ayant appris que j'avois fait des remarques ſur les défauts des pompes de la machine appliquée au pont Notre-Dame, qui fournit l'eau de la riviere de Seine au plus grand nombre des fontaines publiques, me firent l'honneur de m'inviter en 1737 de leur communiquer mes vues ſur la maniere de rectifier cette machine, afin de la rendre capable d'un plus grand produit. Comme en travaillant au projet qu'on a exécuté, il m'eſt arrivé de faire pluſieurs nouvelles découvertes ſur le mouvement des eaux & la perfection des machines propres à les élever, j'ai

cru devoir ſuſpendre l'impreſſion de ce Volume afin de les y inſérer, & en même tems corriger pluſieurs endroits eſſentielles, fondés ſur quelques principes d'Hydraulique, communément reçus, dont j'ai apperçu l'erreur, comme on pourra s'en convaincre.

Ces objets m'ayant paru d'une aſſez grande conſéquence pour ne point avoir de ménagement, je me ſuis mis au-deſſus des murmures qui pourroient naître de la part des Souſcripteurs & de mon Libraire, me flattant que le Public équitable approuveroit ma conduite dès que cet ouvrage paroîtroit, enrichi des augmentations dont je ſentois la néceſſité; & pour l'y engager, j'ai accompagné ce Volume de toute la magnificence dont il pouvoit être ſuſceptible.

N'ayant fait dans la préface du premier Volume qu'une légere mention des ſujets qui devoient être traités dans celui-ci, voici ceux que comprennent le troiſieme & quatrieme Livre, ſelon l'ordre qu'on a cru qui devoit leur convenir.

Le troiſieme Livre eſt diviſé en cinq chapitres. Le premier commence par une diſſertation ſur les propriétés de l'air, déduites d'un grand nombre d'expériences, accompagnées de remarques utiles, ſervant d'introduction à la phyſique & à la théorie des pompes.

Le ſecond comprend la maniere de calculer la force du vent, & le plus grand effet des différentes machines qui peuvent être miſes en mouvement par ſon action.

Dans le troiſieme, on trouve une deſcription raiſonnée des pompes de toutes ſortes d'eſpeces, & une théorie étendue ſur la maniere d'en calculer exactement l'effet.

Le quatrieme comprend la deſcription d'un grand nombre de belles machines exécutées en France & dans les pays étrangers, pour élever l'eau avec des pompes, miſes en mouvement par la force des hommes, des chevaux &

des courans, dont on calcule les différens effets dans le cas le plus avantageux, en faiſant voir les défauts & les avantages de ces machines, & ce qu'il faudroit faire pour les rendre parfaites.

Le cinquieme commence par un diſcours ſur les grands ouvrages que les Romains ont faits pour la conduite des eaux, ſuivi d'une deſcription de la machine appliquée au pont Notre-Dame à Paris, accompagnée des développemens des nouvelles pompes, pour la rectifier, & des calculs qui en déterminent le produit.

A l'égard du quatrieme Livre, il eſt auſſi diviſé en cinq chapitres : le premier commence par la deſcription & le calcul de l'effet d'une machine que j'ai imaginée, qui n'a rien de commun avec toutes celles qui ont été miſes en uſage juſqu'ici, dont l'objet eſt de faire que l'eau d'une chûte s'éleve elle-même à telle hauteur que l'on voudra, ſans aucune ſujétion ; enſuite on en rapporte quelques autres executées pour le même objet à Paris & en Angleterre.

Dans le ſecond, l'on examine l'action de l'eau dans les tuyaux de conduite, & les frottemens qui en retardent la vîteſſe, d'où l'on déduit toutes les regles qu'il convient de ſavoir ſur ce ſujet, accompagnées d'un grand nombre d'expériences & remarques utiles.

Le troiſieme commence par un diſcours hiſtorique ſur l'origine & le progrès des machines mues par l'action du feu ; on en rapporte une pour exemple, développée juſques dans ſes moindres parties, on en calcule l'effet relativement à la force de la vapeur de l'eau bouillante, la réſiſtance de l'atmoſphere, & celle du poids de la colonne d'eau qu'on veut élever ; enſuite on rapporte un grand nombre d'autres machines mues par les animaux, & les courans pour tirer l'eau des mines & des puits fort profonds.

Le quatrieme comprend la maniere de rechercher, raſſembler & conduire les eaux de ſource par des tranchées de pierrée, tuyaux, canaux & aqueducs; tout ce qui peut appartenir aux fontaines publiques, pour diſtribuer l'eau dans les différens quartiers d'une ville & aux maiſons particulieres; la forme la plus convenable aux cuvettes de diſtribution, pour que la jauge & la répartition de l'eau ſe faſſent judicieuſement; le meilleur emplacement des réſervoirs, tuyaux de conduite, robinets, regards & puiſards, avec l'uſage qu'on en peut faire pour éteindre les incendies.

Enfin le cinquieme & dernier chapitre de ce volume renferme tout ce qui convient à la décoration des jardins de plaiſance, pour conduire & diſtribuer avantageuſement les eaux jailliſſantes, afin qu'elles produiſent un agréable effet; la maniere de déterminer les diametres des tuyaux de conduite, ceux des ajutages par rapport à la hauteur des jets & à leur dépenſe. L'on donne des tables fort commodes ſur ce ſujet, qui diſpenſent des calculs qu'il faudroit faire ſans leur ſecours, ſuivis de la conſtruction des baſſins, réſervoirs & citernes. Ce chapitre finit par pluſieurs regles pour déterminer l'épaiſſeur qu'il convient de donner aux murs deſtinés à ſoutenir la pouſſée de l'eau.

Ceux qui ſavent ce qu'on a écrit ſur l'Hydraulique & ſur les machines propres à élever l'eau, conviendront qu'il y a peu de Livres qui ſe reſſentent moins de la compilation que celui-ci, & qui ſoient plus propres à conduire inſenſiblement à une parfaite connoiſſance de la Méchanique, par le grand nombre d'exemples différens, auxquels ces principes ſe trouvent appliqués; mais pour en bien ſentir la liaiſon, il importe extrêmement de recourir ſur le champ aux articles que l'on trouvera cités, qui contribueront à rendre familier tout l'ouvrage qu'on peut regar-

der comme un Cours complet de Méchanique & d'Hydraulique.

Je ne dis rien de la peine que m'a donné la compoſition de la matiere, ni des ſoins de l'exécution des planches que j'ai fait enſorte de rendre les plus belles qu'il m'a été poſſible, me trouvant bien dédommagé par l'honneur que le Public a fait au premier volume, & par l'empreſſement qu'il a marqué pour celui-ci.

APPROBATION.

J'AI lu par ordre de Monſeigneur le Chancelier, le ſecond volume de l'*Architecture Hydraulique* de M. BELIDOR, qui m'a paru digne de la bonne opinion que le Public en avoit conçu, ſur la lecture du premier, les ſujets y étant traités avec toute la netteté qu'on peut deſirer : il paroît même peu d'ouvrages dont l'utilité ſoit plus relative aux beſoins de la vie, & on ne ſauroit trop louer le zele infatigable de l'Auteur pour le progrès des Sciences. FAIT à Paris ce 23 Février 1739. PITOT.

EXTRAIT des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences.

Du dix-huit Février mil ſept cens trente-neuf.

MESSIEURS Nicole & Pitot, qui avoient été nommés pour examiner le ſecond volume de l'*Architecture Hydraulique* de M. BELIDOR, en ayant fait leur rapport, la Compagnie a jugé que ce volume, qui, outre la théorie & la deſcription de pluſieurs machines exécutées avec ſuccès, contient quantité de recherches neuves pour la perfection des pompes & autres machines hydrauliques, étant joint au premier, comprend une ingénieuſe application des regles de la Méchanique & de l'Hydraulique à un grand nombre de ſujets utiles, comme la conduite, diſtribution & jauges des eaux, &c. que M. Belidor a développés avec beaucoup de netteté. En foi de quoi j'ai ſigné le préſent Certificat. A Paris ce 24 Février 1739. FONTENELLE, *Secretaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences.*

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A nos amés & féaux Conſeillers, les Gens tenant nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conſeil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra : SALUT. Notre amé CHARLES-ANTOINE JOMBERT, notre Libraire à Paris, Nous a fait expoſer qu'il deſireroit faire imprimer &

réimprimer des Ouvrages qui ont pour titre : *Architecture Hydraulique ; Bibliotheque portative d'Architecture élémentaire ; Architecture Françoiſe, par M. Blondel ; Cours d'Architecture de Vignole, par d'Aviler, avec un Dictionnaire des termes d'Architecture, par le même ; Méthode pour apprendre le Deſſein, avec des Figures & des Académies ; Anatomie à l'uſage des Peintres, par Tortebat ; Géometrie de Le Clerc ; Traité de Stéréotomie, par M. Frezier ; Architecture Moderne ; De la décoration des Edifices, par M. Blondel ; la Théorie & la Pratique du Jardinage, par Alexandre Le Blond ; Œuvres de M. Ozanam ; Œuvres de M. Belidor ; ſavoir, le Cours de Mathématique, la Science des Ingénieurs, le Bombardier François ; Cours de Science militaire, par M. Le Blond, contenant l'Arithmétique & la Géométrie de l'Officier, la Fortification, l'Artillerie, l'Attaque & la Défenſe des Places, la Caſtramétation, la Tactique, &c. Recueil des Pierres gravées du Cabinet du Roi ;* s'il nous plaiſoit de lui accorder nos Lettres de privilege pour ce néceſſaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Expoſant, nous lui avons permis & permettons par ces Préſentes, de faire imprimer & réimprimer leſdits Ouvrages, autant de fois que bon lui ſemblera, & de les vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de dix années conſécutives, à compter du jour de la date des Préſentes : Faiſons défenſes à tous Imprimeurs, Libraires & autres perſonnes, de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance : comme auſſi d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire leſdits Ouvrages, ni d'en faire aucuns extraits, ſous quelque prétexte que ce ſoit, d'augmentation, correction, changemens ou autres, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit dudit Expoſant, ou de ceux qui auront droit de lui ; à peine de confiſcation des exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers audit Expoſant, ou à celui qui aura droit de lui, & de tous dépens, dommages & intérêts : à la charge que ces Préſentes ſeront enregiſtrées tout au long ſur le Regiſtre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles ; que l'impreſſion & réimpreſſion deſdits Ouvrages ſera faite dans notre Royaume, & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres ; conformément à la feuille imprimée, attachée pour modele ſous le contre-ſcel des Préſentes ; que l'Impétrant ſe conformera en tout aux Réglemens de la Librairie, & notamment à celui du 10 Avril 1725 ; & qu'avant de les expoſer en vente, les manuſcrits & imprimés qui auront ſervi de copie à l'impreſſion & réimpreſſion deſdits Ouvrages, ſeront remis dans le même état où l'Approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & féal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur DE LAMOIGNON ; & qu'il en ſera enſuite remis deux exemplaires de chacun dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle dudit Sieur DE LAMOIGNON, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Vice-Chancelier & Garde des Sceaux de France, le Sieur DE MAUPEOU ; le tout à peine de nullité des Préſentes. Du contenu deſquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Expoſant ou ſes ayans cauſe, pleinement & paiſiblement, ſans ſouffrir qu'il leur ſoit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie deſdites Préſentes, qui ſera imprimée tout au long au commencement ou à la fin deſdits Ouvrages, ſoit tenue pour duement ſignifiée ; & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conſeillers-Secretaires, foi ſoit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huiſſier ou Sergent ſur ce requis, de faire, pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & néceſſaires, ſans demander autre permiſſion, & nonobſtant clameur de haro, Charte normande, & Lettres à ce contraires : CAR tel eſt notre plaiſir. DONNÉ à Paris, le premier jour du mois de Février, l'an de grace mil ſept cent ſoixante-quatre, & de notre Regne le quarante-neuvieme. Par le Roi en ſon Conſeil.

LE BEGUE.

Regiſtré ſur le Regiſtre XVI de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, n°. 115, fol. 61, conformément aux Réglemens de 1723. A Paris, le 6 Février 1764.

LE BRETON, Syndic.

ARCHITECTURE

Rigaud. In. Sp.

ARCHITECTURE HYDRAULIQUE,

Ou l'Art de conduire, d'élever & de ménager les eaux pour les différens beſoins de la vie.

LIVRE TROISIEME.

Où l'on enſeigne la Théorie des Pompes, la maniere de les mouvoir, & la deſcription de pluſieurs belles machines pour élever l'eau.

CHAPITRE PREMIER.

Des propriétés de l'air, ſervant d'introduction à la Théorie des Pompes.

786. DEPUIS que les Philoſophes ont commencé à vouloir expliquer les effets de la nature juſques vers le milieu du dernier ſiecle, ils avoient attribué à l'horreur du vuide ce qui n'étoit qu'un

Les Anciens attribuoient à l'horreur du vuide les ef-

Effets de la pesanteur de l'air.

effet de la pesanteur de l'air. Si on leur demandoit pourquoi l'eau monte en tirant le piston d'une pompe ou d'une seringue, ils répondoient, *que la nature avoit de l'horreur pour le vuide*, & que l'eau aimoit mieux monter dans un tuyau dont on a ôté l'air, que de souffrir que cet espace ne fût pas rempli par la matiere. Le célebre *Galilée* est le premier qui se soit apperçu que les *pompes aspirantes* ne pouvoient élever l'eau au-delà de 31 ou 32 pieds, quoique le tuyau en eut 40 ou 50, & que la partie au-dessus de 32 pieds, fut privée d'air grossier ; il en tira seulement cette conséquence, que la nature n'avoit de l'horreur pour le vuide que jusqu'à un certain point, & que l'effort qu'elle fait pour l'éviter est limité.

Toricelli a découvert le premier la pesanteur de l'air, égale à une colonne de mercure d'environ 28 pouces.

787. *Toricelli*, son disciple, & qui lui succéda en qualité de Mathématicien du Duc de Florence, fit ensuite une expérience qui est devenue fort fameuse ; il prit un tuyau de verre AB, de 4 pieds de longueur, scellé *hermétiquement* par un bout A, qu'il remplit de mercure, bouchant l'autre avec le doigt, le mit tremper perpendiculairement dans un vaisseau D, où il y avoit aussi du mercure. Il fut fort étonné de voir qu'en ôtant le doigt, le mercure du tuyau tomba en partie, laissant un vuide AC, & resta suspendu à la hauteur CE d'environ 28 pouces au-dessus de la surface du mercure contenu dans le vaisseau ; il conçut que l'horreur du vuide étoit une chimere, & jugea que l'air devoit avoir de la pesanteur. Cette expérience fut envoyée à Paris en 1644 au Pere *Mersenne* qui la rendit publique ; voilà ce qui a donné lieu à toutes celles qui ont été faites par M. *Pascal*, d'où l'on a reconnu que la sphere de l'air pressoit par son poids toute la surface de la terre. Il est vrai que nous ne sentons point ce poids, parce que nous en sommes pressés également de toutes parts. Quelques Physiciens ayant calculé quelle étoit la pression de l'atmosphere sur le corps d'un homme d'une taille ordinaire, ont trouvé qu'elle pouvoit être de 20 milliers de livres.

PLAN. I. FIG. 13.

Raison pourquoi le mercure se soutient à la hauteur de 28 pouces.

788. Pour rendre raison de l'expérience de *Toricelli*, on fera attention que si le mercure se soutient environ à la hauteur de 28 pouces, cela vient de ce qu'il n'y a point d'air dans la partie AC du tuyau que le mercure a abandonné, & que celui de dehors presse la surface du mercure qui est dans le vaisseau, & non pas celui du tuyau, qui se maintient en équilibre avec ce dernier, lequel n'est poussé en bas que par l'action de sa pesanteur. Ainsi le *poids d'une colonne de mercure de 28 pouces de hauteur, est égal à celui d'une colonne d'air de même base, qui auroit pour hauteur celle de l'atmosphere.*

Preuve que l'élévation du mercure dans

Pour être convaincu que l'élévation du mercure dans le tuyau est un effet du poids de l'air, on n'a qu'à le porter avec le vaisseau

où il trempe, dans un lieu profond ; on verra le mercure s'élever sensiblement au-dessus de 28 pouces, parce que la colonne d'air étant plus haute, par conséquent plus pesante, est capable de soutenir en équilibre un plus grand poids de mercure. Il arrive le contraire lorsqu'on porte cette machine au sommet d'une montagne fort élevée ; à mesure que l'on monte, l'on voit descendre le mercure du tuyau, & se mêler avec celui du vaisseau.

un tuyau vient de la pesanteur de l'air.

Lorsqu'on dit qu'une colonne de mercure de 28 pouces de hauteur est en équilibre avec la pesanteur moyenne de l'air, on suppose le barometre placé au niveau de la surface des eaux de la mer, qui étant par-tout également éloignée du centre de la terre, doit être regardée comme un point fixe pour déterminer ce qui est plus élevé ou plus bas.

789. Pour mieux faire connoître ces différences, on a exprimé par la figure dix-septieme les expériences qui furent faites à Clermont en Auvergne par un parent de M. *Pascal :* il y a proche cette ville une montagne de 500 toises de hauteur, nommée *le Puits de Dôme*, où l'on fit en même tems trois observations : la premiere A dans un jardin de Clermont, le mercure se trouva dans le tuyau à 26 pouces 3 lignes $\frac{1}{2}$; la seconde B environ au tiers de la côte, le mercure se trouva dans le tuyau à 25 pouces de hauteur, étant descendu, en montant, de 15 lignes $\frac{1}{2}$; la troisieme C au sommet de la montagne où le mercure ne s'est plus trouvé qu'à la hauteur de 23 pouces 2 lignes, étant descendu en tout de 3 pouces une ligne $\frac{1}{2}$.

Expérience faite proche Clermont en Auvergne. FIG. 17.

790. Ce que nous venons de voir de l'équilibre du mercure avec la pesanteur de l'air, doit s'entendre de toutes les autres liqueurs ; une colonne *d'eau*, par exemple, se mettra aussi en équilibre avec une colonne d'air ; mais comme une certaine quantité d'eau pese 13 fois $\frac{1}{2}$ moins qu'une égale quantité de mercure, (343) il faut qu'une colonne d'eau de même base, soit 13 fois $\frac{1}{2}$ plus haute qu'une colonne de mercure de 28 pouces, c'est-à-dire, qu'elle ait à peu-près 31 pieds 8 pouces ; mais l'on compte ordinairement sur 32 pieds.

L'air est en équilibre avec une colonne d'eau de 31 pieds deux tiers de hauteur.

L'aspiration pour l'élévation de l'eau dans les tuyaux qui y trempent, se fait, comme on le voit dans la figure douzieme, en tirant un piston B de bas en haut tout d'une venue, en commençant de son extrémité E, où l'on en chasse l'air par plusieurs coups de piston, comme nous le ferons voir dans le Chapitre troisieme. Alors l'eau monte & suit le piston jusqu'à la hauteur CD, de 31 ou 32 pieds, selon l'état où se trouve l'air ; & si l'on tire le piston plus haut que cette élévation, l'eau ne le suit plus, & l'intervalle CB qui

De quelle maniere l'eau monte par aspiration. FIG. 12.

eſt entre deux, reſte vuide, c'eſt-à-dire, privé d'air groſſier; ce qui vient encore un coup de ce que l'air extérieur preſſe la ſurface FG de l'eau où trempe le tuyau, qui ne trouvant d'autre iſſue pour s'échapper de la contrainte où elle eſt, que le vuide que le piſton a cauſé dans le tuyau, y monte tant que l'action du poids de l'air a de force pour l'y ſoutenir, après quoi l'un & l'autre ſe maintiennent en équilibre.

Maniere de connoître la peſanteur de l'atmoſphere.

791. Prévenu de la hauteur où ſe trouve une colonne d'eau, quand elle eſt en équilibre avec l'air, il ſera aiſé de juger de la peſanteur de l'air dans l'état où il eſt alors; car ſi la colonne d'eau a, par exemple, 31 pieds $\frac{1}{2}$ de hauteur, & pour baſe un pied quarré, elle ſera de 31 pieds $\frac{1}{2}$ cube; & comme le pied cube peſe 70 livres, (340) l'on peut dire que la colonne d'eau peſera alors 2205 livres.

Maniere de connoître la peſanteur d'un certain volume d'air.

792. Si l'on a un barometre au pied d'une montagne, & que le mercure y ſoit ſuſpendu à la hauteur de 28 pouces, il eſt évident que le poids de toute la colonne d'air ſera égal à celui de 28 pouces de mercure. Si l'on porte enſuite le barometre à 10 toiſes plus haut, & que le mercure à cette hauteur ſoit deſcendu d'une ligne, comme cela arrivera en effet, la colonne reſtante, qui ne ſera plus que de 27 pouces 11 lignes, ſera en équilibre avec celle de l'air dont la baſe répond à 10 toiſes au-deſſus de l'horizon; par conſéquent le poids de la ligne dont le mercure eſt deſcendu, eſt égal à celui d'une colonne d'air de 10 toiſes de hauteur au pied de la montagne, qui auroit pour baſe celle qu'a le mercure dans le tuyau. Si l'on fait une ſeconde obſervation à 10 toiſes au-deſſus de la premiere, & que le mercure y ſoit deſcendu de $\frac{1}{6}$ de ligne, par exemple, on pourra conclure que la colonne d'air qui répond à cette hauteur, eſt égale au poids du mercure ſuſpendu dans le barometre, c'eſt-à-dire, de 27 pouces 10 lignes $\frac{1}{6}$ de ligne, & que le poids de la colonne d'air de 10 toiſes de hauteur, compriſe entre la premiere & la ſeconde obſervation eſt de $\frac{1}{6}$ de ligne. On pourra donc, avec cet inſtrument, meſurer le poids d'un même volume d'air à 60 pieds de hauteur, pris à différentes diſtances de la terre, & connoître le rapport du poids d'un volume d'air donné à celui d'un pareil volume d'eau. Comme un pied cube de mercure peſe moyennement 946 liv. (343) diviſant ce nombre par 144, il viendra 6 livres 9 onces pour le poids d'une ligne de mercure qui auroit un pied quarré de baſe; par conſéquent pour celui d'une colonne d'air de même baſe, & dont la hauteur ſeroit de 60 pieds: diviſant encore 6 livres 9 onces par 60, il viendra une once 6 dragmes pour la peſanteur d'un pied cube de cet air, en le ſuppoſant uni-

forme ſur la hauteur de 10 toiſes. Si l'on veut ſavoir le rapport de la peſanteur de l'air à celle de l'eau, il n'y aura qu'à réduire 70 liv. peſanteur d'un pied cube d'eau, en dragmes, on en trouvera 8960; & comme le pied cube d'air peſe 14, on pourra donc dire que ſa peſanteur eſt à celle de l'eau comme 14 eſt à 8960, ou comme 1 eſt à 640.

793. Meſſieurs *Mariotte* & *Homberg* ont fait enſemble pluſieurs expériences en 1683 ſur ce ſujet, & ils ont trouvé que le poids de l'air eſt à celui de l'eau, comme 1 eſt à 360. Depuis, pluſieurs Sçavans ont auſſi cherché ce rapport, mais ils ne ſe ſont pas toujours parfaitement rencontrés, parce que l'air ſe dilatant par la chaleur & ſe condenſant par le froid, un même eſpace en comprend plus ou moins dans un tems que dans l'autre; mais ſi l'on n'a point égard à ſes variations, on peut conclure qu'il eſt 640 ou 630 fois plus rare ou plus dilaté que l'eau.

Au ſujet des différentes hauteurs du mercure dans le barometre, ſelon les différentes températures de l'air, il paroît bien ſurprenant de voir que quand l'air eſt fort chargé de vapeurs & prêt à pleuvoir, le mercure deſcend; lorſqu'il ſemble que la colonne d'air qui peſe immédiatement ſur le mercure du bout du tuyau qui eſt ouvert, doit être la plus peſante: & qu'au contraire le mercure s'éleve au plus haut quand l'air devient pur & ſerein.

Explication des variations du barometre.

794. M. *Leibnitz* attribue la deſcente du mercure du barometre, quand il doit pleuvoir, à une cauſe fort naturelle, & qui me paroît plus ſatisfaiſante que toutes les hypotheſes qui ſont venues à ma connoiſſance. Pour l'entendre, il faut ſe rappeller ce qui a été dit dans l'article 630, qu'un corps étranger qui eſt dans une liqueur, fait partie de ſon poids tant qu'il y ſurnage; mais que dans le moment qu'il deſcend, ſon poids ne fait plus entiérement partie de celui de la liqueur, laquelle vient par-là à peſer moins ſur le fond du vaiſſeau qui la ſoutient.

De même, tant que les parcelles imperceptibles de l'eau, en une quantité prodigieuſe, ſont ſoutenues dans l'air, elles en augmentent le poids, qui preſſe alors davantage la ſurface des corps, ſur leſquels il s'appuie, & voilà ce qui fait que le mercure du barometre eſt contraint de monter. Mais auſſi-tôt que les parcelles de l'eau ſont en aſſez grand nombre pour acquérir une peſanteur au-deſſus de celle de l'air qui les ſoutient, elles deſcendent, ſe joignent pluſieurs enſemble, forment des gouttes qui, venant à tomber, ceſſent de faire une auſſi grande partie du poids de l'air: celui-ci ne preſſant plus avec autant de force la ſurface des corps ſur leſ-

quels il s'appuie, le mercure descend. Sur quoi il est à remarquer, que comme il arrive souvent que les parcelles de l'eau les plus élevées, en tombant fort lentement, mettent un tems considérable avant que de se joindre aux inférieures, la pesanteur de l'air diminue avant qu'il pleuve, & le barometre prédit le tems qu'il doit faire.

L'air a du ressort, & peut être condensé.

795. Une des principales propriétés de l'air, est de pouvoir être extrêmement *condensé*, & de conserver toujours une vertu de ressort, par laquelle il fait effort pour repousser les corps qui le pressent; car l'air qui répond à la surface de la terre, est fort éloigné d'être dans son état naturel; étant chargé du poids de toute l'atmosphere, il est plus condensé que celui qui est le plus élevé. Pour donner une idée de ceci, supposons un grand amas de laine cardée, d'une hauteur considérable; il est constant que la laine qui est en-bas étant chargée du poids de toute celle qu'elle porte, ne sera pas si étendue que celle qui est au sommet; c'est pourquoi celle de dessous fera autant d'effort pour se remettre dans son état naturel, que celle dont elle est chargée en fait pour la comprimer. L'air est précisément dans le même cas à quelque hauteur qu'on le prenne; la colonne qui est dessous une *Table*, par exemple, fait autant d'effort pour l'enlever de bas en haut, que celle qui est dessus la table en fait de haut en bas pour la presser; autrement si les deux colonnes n'étoient point en équilibre, & que l'action de la supérieure pût agir seule, la table ayant seulement 20 pieds quarrés de superficie, seroit chargée d'un poids de plus de 44000 liv. qu'elle ne pourroit soutenir sans se rompre. De même les toits des maisons & les planchers des appartemens ne résisteroient jamais au poids immense dont ils sont chargés, s'ils ne se trouvoient toujours entre deux colonnes d'air, dont celle de dessous est en équilibre par son ressort avec celle qui la presse.

Le ressort de l'air agit en tout sens avec une force égale.

Il est à remarquer *que le ressort de l'air agit en tout sens avec une égale force*, de même que les liqueurs: (343) que cette force étant toujours égale au poids de la colonne d'air correspondante, ou au poids d'une colonne de mercure équivalente, qui auroit la même base, & pour hauteur environ 28 pouces, ou à une colonne d'eau de 32 pieds, l'on connoîtra toujours la force de ce ressort, qui sera égale au poids de cette colonne dont la base est déterminée par la surface du corps contre lequel il agira. Par exemple, l'air naturel renfermé dans une caisse cubique, dont chaque face auroit intérieurement un pied quarré, poussera chacune de ses faces pour les séparer avec une force de ressort équivalente à 2205 liv. lorsque le barometre est à sa hauteur moyenne; & les sépareroit

en effet si l'air de dehors étoit anéanti, ou que son ressort fût beaucoup moindre que celui de dedans; ainsi à l'avenir *nous prendrons indifféremment la pesanteur de l'air pour exprimer la force de son ressort, ou son ressort pour sa pesanteur.* Quand on sera dans un lieu plus élevé ou plus bas que le niveau de la mer, l'on pourra toujours juger à-peu-près de la force du ressort de l'air en cet endroit par l'élévation du barometre qu'on y aura porté.

La force du ressort de l'air est cause de la difficulté qu'on éprouve à séparer deux corps polis. FIG. 1.

796. Prévenu de la pesanteur & du ressort de l'air, il est aisé d'expliquer plusieurs effets de la nature, que les Anciens attribuoient à l'horreur du vuide: par exemple, l'expérience fait voir que si l'on a deux corps fort *polis*, comme deux glaces de miroir, appliquées l'une contre l'autre, & qui se touchent dans toutes les parties de leurs surfaces, on trouve beaucoup de difficulté à les séparer, parce que n'y ayant point d'air entre-deux, dont le ressort puisse faire équilibre avec la colonne qui presse par son poids les deux corps, il faut surmonter la pesanteur de toute la colonne qui auroit pour base la surface qui touche l'autre.

Raison pourquoi on ne peut ouvrir, sans un grand effort, un soufflet dont toutes les ouvertures sont bouchées. FIG. 15 & 16.

De même, si l'on a un soufflet fermé, dont le canon & la soupape soient bien bouchés, & qu'on attache une des aîles contre une surface verticale ou horizontale; on ne peut ouvrir le soufflet, c'est-à-dire, écarter l'autre aîle de la précédente, sans surmonter la résistance d'une grande partie de la colonne d'air qui auroit pour base une des aîles du soufflet; car comme il ne reste dans l'ame que très-peu d'air lorsqu'on enfle le soufflet, celui dont il veut occuper la place ne pouvant rentrer dans la capacité intérieure, résiste avec une force qu'on auroit peine à croire si l'expérience ne le confirmoit.

Que la pesanteur de l'air est cause de la propriété du siphon. FIG. 14.

797. Pour expliquer comment la pesanteur de l'air fait passer l'eau d'un vaisseau dans un autre, à l'aide d'un *siphon*, il faut être prévenu que le vaisseau D où il y a de l'eau, doit être un peu plus élevé que l'autre E où elle doit se rendre; & que le siphon A, qui n'est autre chose qu'un tuyau de cuivre ou de fer-blanc, a une de ses branches B plus courte que l'autre C. Pour en faire usage, on remplit le siphon avec de l'eau afin d'en chasser l'air; ensuite on en bouche les deux trous bien exactement, on retourne le siphon mettant la plus courte branche tremper dans le vaisseau D, & on la débouche dans l'eau même; on débouche aussi l'autre C, alors on voit toute l'eau d'un vaisseau passer dans l'autre, ce qui vient de ce qu'il y a plus de hauteur d'eau dans la branche C que dans l'autre B. Car d'abord l'air agit de part & d'autre pour faire monter l'eau plus haut que le sommet A du siphon, mais il est repoussé avec plus de force par l'eau de la branche C, que par celle de

l'autre B, quoique la colonne d'air qui répond à la branche C, ſoit un peu plus haute que celle qui agit ſur la branche B. Mais la différence de ces deux colonnes eſt un trop petit objet pour mettre une inégalité ſenſible dans leur peſanteur; ainſi la branche B ayant 12 pouces par exemple, & l'autre C 13, la différence des deux colonnes d'eau ne ſera que d'un douzieme de leurs hauteurs. Alors on voit que l'eau de la branche B, par rapport à ſon poids, ſera plus pouſſée en haut par l'air, que l'eau de la branche C ne le ſera par rapport au ſien; ainſi l'eau de cette derniere deſcendra, & celle de l'autre trouvant à s'introduire dans le tuyau, ſera contrainte d'y paſſer tant qu'il y en aura dans le vaiſſeau ſupérieur, pour s'aller rendre dans l'inférieur. Ceci arrivera avec toute ſorte de ſiphons, de quelque grandeur qu'on les faſſe, pourvu que la plus courte branche ſoit au-deſſous de 30 ou 31 pieds.

Expérience familiere pour prouver la force du reſſort de l'air.

798. Voici encore une petite expérience pour prouver la peſanteur de l'air, ou, ſi l'on veut, la force de ſon reſſort, que tout le monde eſt à portée de faire. On remplit un verre de liqueur tant qu'elle ſurmonte les bords; & l'ayant couvert d'un morceau de papier mouillé que l'on preſſe avec la main, pour l'appliquer juſte contre les bords; on le renverſe dans cet état la patte en haut, alors on voit le papier ſoutenir la liqueur contenue dans le verre, ſans qu'il s'en répande une goutte, parce que l'air preſſe de bas en haut le papier avec plus de force que la liqueur n'en a pour deſcendre.

FIG. 10.

Deſcription de la machine pneumatique.

799. La machine du vuide que l'on nomme *Pneumatique*, eſt trop utile dans les expériences phyſiques, pour ne point en donner la deſcription, ne voulant rien laiſſer à deviner à ceux qui n'ont point vu cette machine. Elle eſt compoſée d'une *tablette* de cuivre ABC, qui peut avoir 10 à 12 pouces de diametre, ſoutenue horizontalement par trois *branches* de fer E, qui aboutiſſent à un cercle FG qui embraſſe le corps d'une *ſeringue* FGHI; cette ſeringue traverſe un *plateau* de bois KL, avec lequel elle eſt bien attachée, le tout ſoutenu par trois pieds M, entretenus enſemble par des *branches de fer*, qui ſe réuniſſent à un cercle N, pour plus de ſolidité.

FIG. 2.

Le *piſton* de la ſeringue ſe fait quelquefois de bois entouré de filaſſe, ou de pluſieurs rondelles de cuir, mêlées de feutres, preſſées enſemble comme un talon de ſoulier; le piſton eſt attaché à une *tige* de fer OP, à l'extrémité de laquelle eſt un *étrier* S, ſervant à paſſer le pied dans le tems de l'aſpiration.

FIG. 4, 5, & 6.

A la tête de la ſeringue eſt attaché un *robinet V* de cuivre, fermé

mé par une *clef y ;* cette clef eſt percée au travers, comme celles des fontaines ordinaires, & à égale diſtance des deux extrémités du trou, ſur la ſurface de la clef d'un côté ſeulement, eſt un *rainure* ou fente A, d'une demi-ligne de largeur ſur une ligne de profondeur.

La tablette AC eſt percée dans le milieu par un trou X, ſoudé avec l'orifice d'un petit tuyau, dont l'autre bout répond au robinet ; on applique ſur la tablette un morceau de *cuir* mouillé ſur lequel on poſe une cloche de verre Z, nommé *récipient*, dont voici l'effet.

800. Suppoſant que le piſton Q touche immédiatement la tête de la ſeringue, on tourne la clef *y* pour laiſſer libre la communication du récipient & de la ſeringue ; alors l'air groſſier qui étoit dans le corps de la ſeringue en ayant été chaſſé, celui du récipient trouvant à ſe dilater, ſe répand dans le corps de la ſeringue ; de ſorte que ſi l'on ſuppoſe, pour un moment, que la capacité de la ſeringue ſoit égale à celle du récipient, occupant un eſpace double, il eſt une fois plus dilaté, ou, ſi l'on veut, une fois moins condenſé que celui que nous reſpirons, puiſqu'il n'en peut pas être rentré d'autre. Quand le piſton eſt en bas, on tourne la clef *y* d'un autre ſens pour interrompre la communication du récipient & de la ſeringue. Alors ſi l'on retire le pied de l'étrier S, le reſſort de l'air extérieur pouſſant le piſton de bas en haut, le fait remonter juſqu'à la moitié du chemin qu'il a fait en deſcendant, c'eſt-à-dire, juſqu'à ce que l'air de la ſeringue ſoit réduit au même degré de condenſation que celui de dehors ; & ſi l'on pouſſe la tige du piſton pour le faire monter vers la tête de la ſeringue, l'air du corps de la ſeringue deviendra plus comprimé que celui du dehors, & ſortira par la petite fente A qui eſt à la clef *y*. Si l'on tourne de nouveau la clef d'un autre ſens, & que l'on faſſe deſcendre le piſton, l'air qui étoit reſté dans le récipient ſe dilatera encore une fois davantage, & n'aura que le quart du reſſort qu'il avoit dans ſon état naturel. Répétant pluſieurs fois la même manœuvre, on parviendra à ôter du récipienr la plus grande partie de l'air groſſier ; car il ne faut pas compter ſur un vuide parfait : tout ce que l'on peut faire eſt d'augmenter de plus en plus la dilatation par un plus grand nombre de coups de piſton.

FIG. 4.

FIG. 5.

801. Pour connoître après un certain nombre de coups de piſton déterminé, de combien l'air qui eſt reſté dans le récipient, eſt plus dilaté que celui qu'on y avoit renfermé, il faut faire attention *que la dilatation de l'air renfermé dans le récipient, quelle qu'elle ſoit, eſt toujours à la dilatation de celui qui y reſte immédiatement après chaque*

Maniere de connoître à quel point l'air eſt dilaté dans la machine pneumatique.

coup de piſton, comme la capacité du récipient eſt à celle de la ſeringue & du récipient pris enſemble; d'où il ſuit que la dilatation de l'air augmente après chaque coup de piſton, ſelon que croiſſent les termes d'une progreſſion géométrique, dont le rapport des termes ſeroit comme la capacité du récipient à celle de la ſeringue & du récipient pris enſemble.

Nommant a, la capacité du récipient; b, celle de la ſeringue & du récipient, l'on aura $\div\ a$, b^1, $\frac{b^2}{a}$, $\frac{b^3}{a^2}$, $\frac{b^4}{a^3}$, $\frac{b^5}{a^4}$, dont les expoſans des numérateurs de chaque terme repréſentent le nombre des coups de piſton, tandis que les termes expriment la dilatation de l'air reſté dans le récipient. Mais on ſait que l'on peut trouver tel terme que l'on voudra d'une progreſſion géométrique, dès que l'on connoît les deux premiers; par exemple, pour avoir celui qui répond au quarantieme coup de piſton, j'éleve le premier & le ſecond terme à la quarantieme puiſſance, & nommant x, celui qu'on cherche, l'on aura $a^{40}, b^{40} :: a, x$; & ſi au lieu de a, l'on prend l'unité pour exprimer l'air naturel renfermé dans le récipient, la proportion ſera $a^{40}, b^{40} :: 1, x$, qui donne $\frac{b^{40}}{a^{40}} = x$. Si l'on ſuppoſe que la capacité du récipient ſoit *ſextuple* de celle de la ſeringue, leur rapport ſera comme 6 eſt à 1, par conſéquent l'on aura $a = 6$, $b = 6 + 1 = 7$. Pour connoître la valeur de x ou de $\frac{b^{40}}{a^{40}}$, il faut ſe ſervir des logarithmes, afin d'abréger le calcul qui deviendroit fort pénible s'il falloit élever le nombre 6 & 7 à la quarantieme puiſſance. Je ſuppoſe donc que m eſt le logarithme de $6 = a$, & que n eſt le logarithme de $7 = b$, alors on aura $40 \times n - 40 \times m = x$, au lieu de $\frac{b^{40}}{a^{40}} = x$; *c'eſt-à-dire, qu'il faut prendre dans les tables les logarithmes des nombres* 7 *&* 6, *qui ſont* 8450980, *&* 7781512, *& multiplier leur différence, qui eſt* 669468, *par* 40, *pour avoir* 26778720, *qui eſt le logarithme du nombre que l'on cherche, qui répond à* 476; on aura donc $a^{40}, b^{40} :: 1, 476$; qui fait voir qu'après le quarantieme coup de piſton, l'air du récipient ſera 476 fois plus dilaté que celui qu'on y avoit enfermé.

Trouver le nombre de coups de piſton qu'il faut donner pour dilater l'air juſqu'à un certain point déte. miné.

802. Quand on connoîtra le rapport de la capacité du récipient, à celle de la ſeringue, on pourra auſſi trouver combien il faudra donner de coups de piſton, pour dilater l'air du récipient juſqu'à un certain point déterminé; par exemple, on demande de le dilater 476 fois plus qu'il ne l'eſt dans ſon état naturel; je nom-

me x, le nombre de coups de piston qu'il faudra donner ; d, la quantité de fois dont on veut que l'air soit plus dilaté que celui que nous respirons ; je suppose encore $a = 6$, & $b = 7$, la question se réduit à trouver l'exposant d'une proportion semblable à celle de l'article précédent ; car l'on aura a^x, b^x :: 1, d, ou $\frac{b^x}{a^x} = d$. Or si à la place des quantités a, b, d, l'on prend leurs logarithmes, que je suppose exprimés par m, n, p ; on aura $xm - xn = p$, au lieu de $\frac{b^x}{a^x} = d$, ou $x = \frac{p}{m-n}$, ou $x = \frac{26778720}{8450980 - 7781512}$, ou $x = \frac{26778720}{669468} = 40$, *qui fait voir qu'il faut diviser le logarithme de* 476, (*c'est-à-dire, du nombre qui exprime la quantité de fois dont on veut que l'air soit plus dilaté qu'il ne l'est naturellement*) *par la différence des deux logarithmes des nombres qui expriment, l'un la capacité du récipient, & l'autre celles du récipient & de la seringue, prises ensemble.*

803. De même, si l'on vouloit ne dilater l'air du récipient que cent fois plus qu'il ne l'est naturellement, supposant $d = 100$; nous aurons encore, en prenant le logarithme de ce nombre, qui est 20000000, $x = \frac{20000000}{8450980 - 7781512} = 32$, qui fait voir qu'il faut donner environ 32 coups de piston.

L'on verra par la suite, combien il importe, pour se servir avec exactitude de la machine du vuide, de savoir à quel point on a dilaté l'air dans une expérience plus ou moins que dans l'autre, afin d'en pouvoir faire le rapport ; au reste je ne me suis point arrêté à donner une description fort exacte de cette machine, parce qu'on la trouve dans plusieurs Auteurs, principalement dans le Livre des Expériences Physiques de M. *Poliniere*, qui en rapporte toutes les dimensions. Voici quelques expériences qui pourront donner une idée de la maniere dont se font les autres.

Pourquoi un animal meurt dans le récipient lorsqu'on a dilaté l'air.

804. Si l'on met un petit animal sous le récipient, à mesure qu'on en pompe l'air, on le voit tomber en défaillance ; parce que celui qu'il a dans les poumons & dans le sang, cessant d'être en équilibre avec celui qu'il a coutume de respirer, se dilate & empêche que la circulation du sang ne se fasse comme à l'ordinaire. Si l'on continue à dilater l'air encore davantage, l'animal meurt, & si l'on a soin de compter le nombre de coups de piston que l'on a donnés pour le faire mourir, l'on peut trouver ensuite, par le calcul, de combien il a fallu que l'air fût dilaté pour qu'il cessât d'être respirable pour cet animal. Mais il faut remarquer

que comme l'air que l'on renferme ſous le récipient, n'eſt pas toujours le même, pouvant ſe trouver plus ou moins condenſé une fois que l'autre ; l'on ne peut comparer la dilatation qui a ſervi à cette expérience, ou à toute autre, qu'avec l'état de l'air naturel dans le moment où s'eſt fait l'expérience ; à moins qu'on ne ſe ſerve du *manometre*, qui eſt un inſtrument imaginé par M. *Varignon*, avec lequel on meſure les différens degrés de la dilatation de l'air en différens tems, & qui fait connoître non-ſeulement combien l'air primitif qu'on a enfermé dans la machine, aura été dilaté par un certain nombre de coups de piſton ; mais encore de combien un air primitif qu'on y auroit enfermé dans un certain tems, auroit été plus ou moins raréfié de lui-même, que celui qu'on y auroit enfermé dans un autre tems, ce qui donne un moyen infaillible de comparer les expériences qui demanderoient une grande préciſion. Car comme le remarque M. de *Fontenelle* * en parlant du *manometre*, il ne faut pas compter que le barometre ni le thermometre puiſſent ſervir en pareil cas ; parce que le premier marque la raréfaction qui vient du poids de l'atmoſphere, & l'autre celle qui vient de la chaleur ; & comme ces deux cauſes agiſſent toutes deux enſemble, & ſe modifient l'une l'autre, elles mettent l'air dans un degré de raréfaction qui n'eſt ni celui que marque le barometre, ni celui que marque le thermometre ; il faut donc avoir un troiſieme inſtrument qui puiſſe marquer le degré de raréfaction de l'air, tel que le produiſent à chaque moment les deux cauſes différentes qui ont part à cet effet, & qui puiſſe faire dans le même tems les fonctions des deux autres.

* *Mémoires de l'Académie, 1705.*

Maniere de ſe ſervir du barometre pour dilater l'air du récipient juſqu'à un certain point déterminé.

805. On peut encore dilater l'air du récipient juſqu'à un certain point déterminé, d'une maniere très-ſimple, en ſe ſervant d'un barometre diſpoſé exprès ; car le poids de l'atmoſphere étant en équilibre avec une colonne de mercure de 28 pouces ; ſi le même air étoit une fois plus dilaté que dans ſon état naturel, il ne ſoutiendroit qu'une colonne de 14 pouces, & qu'une de 7, s'il étoit quatre fois plus dilaté que de coutume. Comme on ne peut ſe ſervir du barometre ordinaire, à cauſe qu'il eſt trop grand pour être mis ſous le récipient, on pourra en faire un dont la hauteur ne ſera que de 8 pouces, tout rempli de mercure, diviſant, comme à l'ordinaire, en un nombre de parties égales, la hauteur de 7 pouces ; on pompera l'air tant que le mercure ſoit à la hauteur de 7 pouces au-deſſus de celui de l'orifice, alors il ſera quatre fois plus dilaté que dans ſon état

moyen, & continuant de pomper, on le dilatera ſelon telle proportion qu'on voudra, au-deſſus du précédent, en obſervant les diviſions marquées le long du tuyau. Si l'on continue à pomper tant que le mercure approche d'être de niveau de part & d'autre, l'on verra ſenſiblement combien il faut donner de coups de piſton pour évacuer tout l'air groſſier.

806. Si l'on a une bouteille où il y ait du mercure juſqu'à la hauteur AB, & un tuyau EF, ouvert par les deux bouts, dont l'un trempe dans le mercure juſques vers le fond, & que la ſurface du tuyau & le goulet de la bouteille ſoient intimement unis, de façon que l'air ne puiſſe ſortir de la bouteille; lorſque celui du récipient ſe dilate, on voit le mercure s'élever dans le tuyau par la force du reſſort de l'air qui eſt dans la bouteille: cet air, cherchant à ſe dilater auſſi, preſſe la ſurface du mercure, qui ne l'étant plus à l'endroit du tuyau, eſt contraint de s'élever, tant que l'un & l'autre ſoient en équilibre. FIG. 11.

807. Si l'on y met de la *poudre à canon*, & qu'on l'allume au travers le récipient par le moyen d'un *verre ardent;* au lieu de s'enflammer avec détonnation, elle ne fait que ſe fondre & bouillonner, parce que tandis que le ſalpêtre & le ſoufre ſe fondent par la chaleur, l'air qui étoit renfermé dans les grains ſe raréfie, s'échappe & cauſe le bouillonnement, ce qui prouve manifeſtement, comme je me ſuis appliqué à l'inſinuer dans le Bombardier françois; *que la poudre enflammée n'eſt qu'un feu qui a la proprieté de mettre l'air en action, & de débander ſon reſſort avec beaucoup de promptitude, & qu'il n'y a que l'air ainſi raréfié qui produit tous les effets qu'on attribue uniquement à la poudre, mais fort mal à propos, puiſqu'elle ceſſe d'agir auſſi-tôt que les molécules de l'air lui manquent.* Comme l'air a plus ou moins de reſſort, ſelon qu'il eſt plus ou moins raréfié, & que la chaleur, le froid, l'humidité y cauſent continuellement des changemens conſidérables, il n'eſt pas étonnant que la même poudre produiſe tant d'inégalités dans ſes effets, puiſqu'elle ſe reſſent néceſſairement de toutes les variations de l'air; c'eſt pourquoi les expériences qui ont rapport à l'artillerie, ont beſoin d'une préciſion bien au-deſſus de celle qu'on y apporte ordinairement, puiſqu'on ne peut connoître de quelle part naiſſent les changemens qui ſurviennent, qu'en obſervant en même tems ceux qui arrivent à l'air; deſorte qu'à le bien prendre, on peut dire que l'art de jetter des bombes devient l'objet non-ſeulement d'une Géométrie au-deſſus des principes communs, mais encore d'une phyſique très-délicate.

La poudre à canon ne fait point d'effet dans la machine pneumatique.

Un certain volume d'air pese une fois plus en hiver qu'en été.

808. On se sert aussi de la machine du vuide, pour connoître la pesanteur d'un certain volume d'air, afin de la comparer à celle d'un pareil volume qui seroit plus ou moins dilaté; on prend un *ballon* de verre ou une bouteille, dont on adapte bien le goulet avec le tuyau de la seringue, afin d'en pomper l'air, comme l'on vuide celui du récipient; & après qu'on en a affoibli le ressort autant qu'il est possible, on ferme le tuyau, & on le sépare de la seringue. On pese la bouteille en cet état dans des balances fort justes, après quoi on ouvre le tuyau pour laisser rentrer l'air naturel, on pese encore le tout une seconde fois, la différence des deux poids donne celui de l'air grossier de la bouteille, dont il est aisé de connoître le volume par le poids de la quantité d'eau qu'elle peut contenir (626). C'est ainsi que M. *Homberg* a trouvé, par des expériences faites avec beaucoup d'exactitude, *qu'un pied cube d'air pesoit en été 7 gros 9 grains, & en hiver 14 gros & environ 19 grains;* c'est-à-dire, un peu plus d'une once, six gros, qui est le même poids que nous avons trouvé par le calcul du barometre dans l'article 792; *ainsi l'on peut conclure, qu'en France l'air ne pese en été que la moitié de ce qu'il pese en hiver.* Une si grande différence vient, selon M. *Homberg*, d'un plus grand mouvement de la matiere subtile qui produit une chaleur plus grande, & sépare en été les molécules de l'air les unes des autres, & leur donne un moyen de déployer leur ressort; au lieu qu'en hiver y ayant une moindre quantité de cette matiere répandue dans l'air, ou celle qui s'y trouve ayant moins de mouvement, les molécules se rapprochent les unes des autres, & il s'en trouve par conséquent davantage dans un même volume. Ainsi l'air pese plus ou moins selon la quantité de matiere étrangere dont il est chargé; dans les grandes chaleurs il est plus léger, parce qu'il contient plus de matiere subtile, & en hiver il pese davantage, parce qu'il en contient beaucoup moins. Il suit de ce raisonnement & de l'article 807, que la poudre à canon doit avoir beaucoup moins de force en été qu'en hiver, parce qu'elle trouve beaucoup moins de parties d'air à raréfier, & c'est ce que j'ai éprouvé dans un grand nombre d'expériences.

FIG. 3.

Cependant le mercure du barometre ne laisse pas d'être toujours élevé à 27 ou 28 pouces dans une saison comme dans l'autre, au lieu qu'il devroit, ce semble, être élevé en hiver du double de ce qu'il est en été. Cela vient de ce que la colonne d'air qui pese sur l'orifice de la fiole du barometre, est toujours, dans sa totalité, d'un poids à-peu près égal dans quelque saison que ce

ſoit ; mais qu'elle eſt plus dilatée environ du double, en été de ce qu'elle eſt en hiver, ainſi qu'il arrive à des liqueurs, dont une certaine meſure ne laiſſe pas d'égaler ſon même poids, quoiqu'elle ſe ſoit toute miſe en mouſſe.

On n'a jamais exactement la peſanteur des corps qui ont beaucoup de volume.

809. On peut conclure de ce qui précede, qu'on n'a jamais le véritable poids des corps qui ont beaucoup de volume, tels que les ballots de laine, de coton, de crins, &c. puiſque ces ballots peſent moins dans l'air que dans le vuide, de tout le volume d'air dont ils occupent la place, & d'autant moins que cet air eſt lui-même plus peſant ; ainſi il eſt plus avantageux d'acheter ces ſortes de marchandiſes en hiver qu'en été.

810. On a un pareil intérêt, s'il s'agit de liqueurs qui ſe vendent à la meſure, de les acheter plutôt l'hiver que l'été, puiſqu'un même vaſe en contiendra davantage ; par exemple, on voit dans la table de l'article 339 que le pied cube de vin de Bourgogne peſe en été 66 liv. 9 onces, & en hiver 68 liv. 1 once, qui eſt une différence de 24 onces par pied cube ; & comme le muid en contient 8, il ſuit qu'il contiendra en hiver 12 livres de vin, ou environ 6 pintes de Paris plus qu'en été : je laiſſe à penſer à bien des gens, ſi la Phyſique eſt une ſcience purement curieuſe.

811. La raréfaction de l'air peut devenir très-conſidérable, ſi l'on en juge par les conſéquences qu'on a tiré de pluſieurs expériences. M. *Mariotte*, qui en a fait plus que perſonne, rapporte qu'un certain volume d'air, tel que celui que nous reſpirons, doit être dilaté quatre mille fois, pour être dans ſon étendue naturelle ; c'eſt à-dire, que s'il étoit poſſible de porter un pied cube d'air de deſſus la ſurface de la terre au haut de l'atmoſphere, il occuperoit un eſpace de 4000 pieds cubes.

Le reſſort de l'air augmente dans la raiſon des poids dont il eſt chargé.

812. Par tout ce qui précede, on a dû voir que le reſſort de l'air diminuoit à meſure qu'il étoit plus dilaté, & il eſt naturel de conclure qu'il doit au contraire augmenter à meſure qu'il eſt plus condenſé. En effet, ſi l'atmoſphere étoit preſſée par quelque cauſe que ce fût, les molécules de l'air s'approcheroient davantage les unes des autres, & feroient plus d'effort qu'elles n'ont coutume d'en faire pour ſe remettre dans leur état naturel ; c'eſt-à-dire, qu'elles auroient une plus grande force de reſſort, & ſoutiendroient une colonne de mercure plus haut que de 28 pouces. M. *Mariotte*, & pluſieurs autres après lui, ont fait des expériences pour voir *ſi le reſſort de l'air augmentoit à proportion des poids, dont il étoit chargé*, comme on avoit lieu de le préſumer, & ils ont trouvé que cela étoit.

FIG. 7. On prend un tuyau de verre ABDI, recourbé, dont le bout A de la petite branche doit être ſcellé hermétiquement; par l'autre bout I, on verſe du mercure pour remplir la partie inférieure BD du tuyau, prenant garde qu'il n'entre dans la branche AB plus d'air qu'il n'y en avoit auparavant, afin que celui qu'on y enferme reſte en équilibre, par ſon reſſort, avec 28 pouces de mercure, ſi le barometre eſt à cette hauteur dans l'endroit où l'on fait l'expérience. Continuant à verſer du mercure, il ſe ſoutiendra à des hauteurs inégales dans les deux branches; car celui qui paſſera dans la plus courte AB venant occuper une partie de la place de l'air qui s'y trouve, & n'ayant aucune ouverture pour s'échapper, ſe réduira en un plus petit volume. Si l'on ſuppoſe qu'il n'occupe plus que AF, moitié de AB, tirant la ligne horizontale FG, on verra que le mercure ſe ſoutiendra à la hauteur GH de 28 pouces; or comme les deux colonnes FB & GD ſont en équilibre entr'elles, le reſſort de l'air contenu dans l'eſpace AF, ſera égal au poids de 28 pouces de mercure GH, plus à celui de l'atmoſphere qui preſſe la ſurface HM, par conſéquent au poids de 56 pouces de mercure.

Si l'on continue à en verſer, tant que l'air ſoit réduit à l'eſpace AK, moitié de AF, ou le quart de AB, tirant la ligne horizontale KL, on verra que le mercure ſera monté juſqu'à la hauteur LO de 84 pouces, auxquels joignant 28 pouces, poids de l'atmoſphere, l'on aura 112 pouces pour la colonne de mercure équivalente à la force du reſſort de l'air réduit dans l'eſpace AK; ce qui prouve que ſon reſſort augmente dans la proportion des poids dont il eſt chargé, ou dans la raiſon inverſe de la diminution de ſon volume, d'où l'on déduit ce principe général.

Regle générale ſur la force du reſſort de l'air condenſé.

813. *Que le produit de l'eſpace qu'occupe un certain volume d'air, par la charge qu'il ſoutient en cet état, eſt toujours égal au produit de l'eſpace où il s'eſt condenſé par le poids qu'il porte alors.*

Ainſi, prenant le nombre 28, pour exprimer la colonne de mercure qui eſt en équilibre avec le reſſort de l'air, ſi le barometre eſt à cette hauteur dans le moment de l'expérience, on aura toujours quatre termes réciproquement proportionnels, dont il ſera aiſé d'avoir celui qu'on ignore. L'air a encore cette propriété, qu'étant condenſé, la force de ſon reſſort ne s'affoiblit pas par la ſuite du tems. M. *de Roberval* ayant chargé une arquebuſe à vent comme à l'ordinaire, la laiſſa pendant 16 ans ſans y toucher, au bout de ce tems ſon effet fut auſſi grand que ſi elle avoit été chargée ſur le champ.

814. A l'égard de la dilatation de l'air, l'expérience fait voir auſſi que *la force de ſon reſſort diminue dans la raiſon inverſe de l'augmentation de ſon volume ;* c'eſt-à-dire, qu'un certain volume d'air venant à occuper un eſpace double ou triple, n'aura plus que la moitié ou le tiers de la force de reſſort qu'il avoit auparavant : voici comme on peut s'en convaincre. *La dilatation de l'air en diminue le reſſort.*

On prend un tuyau de verre, que nous ſuppoſons de 38 pouces, ſcellé hermétiquement par un bout, dans lequel on verſe du mercure ſans le remplir entiérement, afin d'en laiſſer une partie occupée par l'air, qui ſera, ſi l'on veut, de 2 pouces ; mettant enſuite le doigt ſur le trou ouvert, on renverſe le tuyau pour le plonger dans un vaiſſeau EF, où il y a du mercure ; auſſi-tôt l'air qu'on y a laiſſé gagne le haut du tuyau, le mercure deſcend, & ſe ſoutient ſuſpendu à une hauteur CB, au-deſſous de 28 pouces ; parce qu'il n'eſt pas ſeul dans le tuyau à ſoutenir le poids de l'atmoſphere, étant aidé par l'air qui eſt avec lui, lequel trouvant à ſe dilater dans l'eſpace abandonné par le mercure, perd une partie de la force de reſſort qu'il avoit auparavant. Cependant celle qui lui reſte, jointe au poids du mercure du tuyau, faiſant équilibre avec l'air extérieur, ſi le mercure eſt demeuré à la hauteur de 24 pouces au-deſſus de la ſurface de celui du vaiſſeau, la force du reſſort de l'air compris dans la hauteur AB ne pourra plus faire équilibre qu'avec une colonne de 4 pouces de mercure, c'eſt-à-dire, avec la ſeptieme partie de celle qu'il ſoutenoit auparavant. Auſſi au lieu d'occuper un eſpace de deux pouces, qui eſt celui où on l'avoit renfermé d'abord, il en occupera un de 14, ou ſept fois plus grand, d'où l'on déduit encore cette regle générale. FIG. 5.

815. *Que le produit de l'eſpace qu'occupe l'air par la charge qu'il ſoutient, dans l'état où il ſe trouve à l'égard du barometre, eſt toujours égal au produit de l'eſpace dans lequel il s'eſt dilaté, par le poids dont ſon reſſort eſt capable alors ;* ce qui donne quatre termes réciproquement proportionnels, dont il ſera toujours aiſé de connoître celui qui manquera. *Regles générales ſur la dilatation de l'air.*

C'eſt ſur ce principe qu'on a trouvé le moyen de faire des barometres dont l'atmoſphere ne ſoutient guere que quatre pouces de mercure, parce que le reſte du tuyau, qui eſt d'environ 2 pouces, au lieu d'être privé d'air groſſier comme à l'ordinaire, en contient dont le reſſort eſt en équilibre avec 24 pouces de mercure, qui étant ajouté avec quatre pouces, eſt équivalent à une colonne de 28 ; ainſi lorſque l'air extérieur change par les cauſes ordinaires, l'air du tuyau ſe condenſe ou ſe dilate, & le mercure

monte ou descend aussi sensiblement que dans les barometres simples, dont on a coutume de se servir : cependant les petits ne m'ont pas paru aussi justes.

Conséquence de la dilatation de l'air, au sujet de l'aspiration de l'eau dans les tuyaux.

FIG. 2.

816. On peut conclure, que si peu qu'il y aura d'air dans l'espace BC, compris entre le piston & la surface de l'eau, dans un tuyau d'aspiration, la colonne DC ne parviendra pas à la hauteur de 32 pieds, quoique le poids de l'air extérieur soit alors équivalent à cette colonne, parce que le ressort de l'air de l'espace BC, si dilaté qu'il soit, agira toujours sur la surface C. Il est vrai qu'à mesure qu'on élevera le piston plus haut, l'eau montera davantage, mais sans jamais parvenir à la hauteur que nous venons de dire : cet article deviendra essentiel quand nous parlerons des pompes aspirantes.

La chaleur augmente la force du ressort de l'air.

817. L'air a aussi la propriété d'augmenter considérablement la force de son ressort par l'action de la chaleur ; il faut concevoir que la chaleur consiste en une infinité de petites particules extrêmement agitées, qui venant à pénétrer les corps qui enferment de l'air, s'insinuent parmi les molécules, qui occupent alors un bien plus grand volume qu'auparavant, si rien ne leur fait obstacle ; mais si elles sont retenues & comme emprisonnées par la résistance de quelque corps, elles font effort de toutes parts contre les mêmes corps pour les écarter, & c'est la cause des effets surprenans de la poudre à canon, & des feux souterreins. Or comme plus le nombre des molécules sera grand, étant renfermées, plus leur force élastique sera considérable, quand elles seront mises en action par la chaleur ; *il suit que l'air condensé venant à se raréfier, a une bien plus grande force de ressort, que s'il étoit en équilibre avec celui que nous respirons ; & qu'ainsi la force du ressort de l'air renfermé, augmente encore dans la proportion inverse de la diminution de son volume, quoique raréfié avec un même degré de chaleur.*

La force que le ressort de l'air a acquis par la chaleur, diminue à mesure qu'il peut se dilater.

818. Cependant il est à remarquer que si l'air que l'on raréfie par la chaleur venoit, par son effet, à aggrandir la capacité de l'endroit où on l'a renfermé, la force de son ressort diminueroit dans la raison que son volume augmenteroit ; par exemple, l'on suppose que si l'air renfermé dans un globe d'airain d'un pied de diametre, étant raréfié à un certain point, en avoit augmenté la capacité jusqu'à avoir deux pieds de diametre, la force de son ressort ne sera plus que la huitieme partie de ce qu'elle eût été, si la surface du globe étoit restée inflexible. De même, si l'on avoit un cylindre creux dont un des cercles qui sert de fond fût inflexible, & que l'autre qui lui est opposé pût s'en éloigner, pour aggrandir la capa-

cité du cylindre; l'air qui ſeroit dedans venant à ſe dilater, ſans trouver aucune ouverture pour s'échapper, la force de ſon reſſort ſera diminuée dans la raiſon de l'augmentation de la hauteur du cylindre; que ſi la hauteur du cylindre étoit devenue double, chaque cercle ne ſoutiendroit plus que la moitié de l'effort dont l'air raréfié auroit été capable, s'il ne s'étoit point dilaté.

Le froid diminue la force du reſſort de l'air.

819. Le froid diminue beaucoup la force du reſſort de l'air, & même avec plus de promptitude que la chaleur ne l'augmente, c'eſt ce que l'on remarque quand on plonge la boule du thermometre dans de l'eau froide, les molécules de l'air qui ſe trouvent dans l'eſprit-de-vin venant à ſe reſſerrer, occupent moins d'eſpace, & la liqueur deſcend dans le tuyau.

Pour faire voir que la chaleur agit avec beaucoup de promptitude pour augmenter le reſſort de l'air, voici comme on en pourra faire l'expérience.

Expérience ſur la force que le reſſort de l'air acquiert par la chaleur de l'eau bouillante.

820. On prend un tuyau de verre recourbé ABDC, dont une des branches eſt beaucoup plus courte que l'autre; à l'extrémité de la petite doit être un ballon, dont l'air qu'il contient puiſſe avoir communication avec celui du tuyau. On verſe du mercure par le trou A, tant qu'il en entre dans la boule juſqu'à une hauteur arbitraire EG; alors une partie de l'air qui étoit dans le tuyau, qui n'a pu ſortir par le trou A, ſe réunit à celui du ballon, qui ſe trouve réduit dans l'eſpace EFG, où la force de ſon reſſort augmente dans la raiſon inverſe de la diminution de ſon volume (813). Ainſi prolongeant la ligne horizontale EG juſqu'en B, le mercure ſe trouvera élevé dans la grande branche à une hauteur BH, qui ſera, par exemple, de 12 pouces: dans cet état le reſſort de l'air de la boule ſera en équilibre avec la colonne BH, plus le poids de l'atmoſphere; par conſéquent avec une colonne de mercure de 40 pouces. Si l'on plonge la boule dans l'eau bouillante, la chaleur agiſſant ſur l'air qu'elle renferme pour le dilater, augmentera ſon reſſort, lequel preſſera la ſurface EG du mercure beaucoup plus qu'il ne faiſoit auparavant, & le fera remonter dans la grande branche, au-deſſus du point H, comme en I, à une hauteur HI d'environ 13 pouces, c'eſt-à-dire, à une hauteur qui ſera à peu près le tiers de la colonne de 40 pouces de mercure avec lequel il étoit en équilibre avant que d'avoir été échauffé par l'eau bouillante, & le mercure ne monte pas plus haut, quoique l'on continue à laiſſer le ballon dans l'eau bouillante. Ce qui fait voir que *la chaleur de l'eau bouillante, a des bornes qui ſe terminent à augmenter d'un tiers la force du reſſort de l'air*, en quelque état qu'il ſe

FIG. 8.

trouve dans le ballon avant que de l'avoir plongé dans l'eau bouillante, ſelon que ſon reſſort ſera plus ou moins augmenté par le poids du mercure qu'on aura mis dans le tuyau en plus ou moins grande quantité; c'eſt-à-dire, que la force de ſon reſſort, devant & après avoir mis le ballon dans l'eau, ſera toujours dans le rapport de 3 à 4. D'où il ſuit que la chaleur de l'eau bouillante ne peut augmenter la force du reſſort de l'air que nous reſpirons, au-deſſus de celle qu'il a naturellement, que juſqu'à lui faire ſoutenir le tiers d'une colonne de mercure de 28 pouces, c'eſt-à-dire, de 9 pouces & quelques lignes. M. Amontons eſt le premier qui ſe ſoit appliqué à cette recherche, comme on peut le voir dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, année 1699, où l'on trouvera auſſi, que le même Auteur, ayant voulu ſavoir ſi l'eau ſalée n'acquereroit pas, lorſqu'elle bout, plus de chaleur que l'eau douce, a fait diſſoudre environ 6 livres de ſalpêtre brut dans deux pintes d'eau commune, dans laquelle il mit encore une quantité aſſez conſidérable de ſel marin. Ayant fait bouillir le tout, & répété l'expérience précédente, il n'a point trouvé que le mercure ſoit monté plus haut que l'endroit où l'avoit fait monter l'eau douce.

Ordinairement, en France, le plus grand froid de l'hiver ne va qu'à un ſixieme de la diminution de la plus grande chaleur de l'été.

821. Des Sçavans ayant fait les mêmes expériences en différens endroits de la terre, dont le réſultat s'eſt trouvé conforme à ce qui arrive en France, on peut dire avoir préſentement dans la nature un degré de chaleur égal en quelqu'endroit où l'on ſe trouve, duquel l'on peut, comme d'un point fixe, commencer à compter tous les autres degrés de chaleur, ſoit au-deſſus, ſoit au deſſous de celui que donne l'eau bouillante, puiſque toute chaleur moindre donnant moins de reſſort à l'air, il doit ſoutenir moins de mercure, outre le poids de l'atmoſphere, de ce que l'eau bouillante lui en fait ſoutenir. Ainſi l'on peut dire que l'extrême froid ſeroit celui qui réduiroit l'air à ne plus ſoutenir aucune charge par ſon reſſort; mais il y a bien de l'apparence que ce froid extrême n'exiſte en nul endroit du monde, ſi l'on en juge par la grande différence qui ſe rencontre entre ce premier degré de froidure, & ce que nous prenons en France pour le plus grand froid; l'expérience faiſant connoître que la hauteur du mercure à Paris, pendant le plus grand chaud, eſt à ſa hauteur pendant le plus grand froid, comme 6 eſt à 5, qui n'eſt qu'un ſixieme de diminution, du plus grand chaud au plus grand froid.

FIG. 8. 822. Comme il n'y a point à douter que le reſſort de l'air renfermé dans la boule EFG, n'augmente ou ne diminue dans les mêmes proportions que la chaleur qui agit ſur cette boule, &.que

la hauteur du mercure renfermé dans la branche AB ſuit les mêmes proportions que le reſſort de l'air ; on peut, par le moyen de ce thermometre, connoître tous les degrés de chaleur au-deſſous de l'eau bouillante, en appliquant à côté du tuyau une diviſion qui commence par zero, au point où la chaleur de l'eau bouillante aura fait monter le mercure ; mais il faudra prendre garde, quand on voudra faire des obſervations ſur ce thermometre, à l'état actuel de la peſanteur de l'atmoſphere ; ce que l'on connoîtra par le barometre. J'entends que ſi le mercure monte au-deſſus de 28 pouces dans le barometre, il faudra retrancher la hauteur excédente de celle où ſera le mercure dans le thermometre, & qu'au contraire ſi le mercure deſcend au-deſſous de 28 pouces dans le barometre, il faudra ajouter la différence à la hauteur du thermometre, pour avoir exactement le degré de chaleur qui eſt dans l'air, eu égard à celui de l'eau bouillante.

Ce thermometre peut ſervir à connoître la température des climats les plus éloignés, à rectifier les obſervations faites ſur les thermometres ordinaires, en différens tems, & en des lieux différens, & à tranſmettre à la poſtérité les expériences que l'on a faites, auſſi-bien que celles qu'on pourra faire ſur ce ſujet.

823. Puiſque j'en ſuis ſur la chaleur, je crois qu'il ne ſera pas hors de propos de rapporter quelques expériences curieuſes, faites en Angleterre par M. *Newton*, extraites des *Tranſactions Philoſophiques*, article 270. Pour avoir un point fixe, cet Auteur ſe ſert de la chaleur qui regne ſous la zone *torride*, qu'il prend pour premier degré : ainſi quand il dit, par exemple, que la chaleur de l'eau bouillante eſt de trois degrés, il entend qu'elle eſt triple de celle de l'air ſous la zone ; de même des autres corps, comme on en va juger.

Expériences faites en Angleterre ſur le plus grand degré de chaleur, dont pluſieurs corps peuvent être capables.

Chaleur ſous la zone torride	1
Chaleur du corps humain	1
Chaleur de l'eau bouillante	3
Chaleur de l'étain fondu	6
Chaleur du plomb fondu	8
Chaleur du feu de charbon de terre . . .	16
Chaleur d'un grand feu de bois	17
Chaleur d'un fer rouge	16 à 17

824. Comme la chaleur du corps humain ſemble intéreſſer plus que toute autre, j'ajouterai ici de quelle maniere on s'eſt apperçu qu'elle étoit la même que celle qui regne ſous l'équateur. M. *Derham*, dans ſa *Théologie Phyſique*, Livre premier, Chapitre ſecond, rapporte qu'avec des thermometres faits à Londres, qui

La chaleur du corps humain eſt ordinairement égale à celle qui regne ſous l'équateur.

ont été portés ſous la zone, on a obſervé que la liqueur montoit entre 284 & 288 lignes, ou dixiemes de pouces d'Angleterre, au-deſſus de la boule ; qu'ayant voulu comparer cette chaleur avec celle de ſon corps, au mois de juillet 1709, dans un jour aſſez chaud, & où il n'avoit fait aucun exercice, il plaça la boule d'un ſemblable thermometre ſous l'aiſſelle, & à quelqu'autre endroit du corps, où il regne ordinairement le plus de chaleur, la liqueur du thermometre monta à 284 lignes. Il fit la même expérience dans un jour auſſi chaud qu'il s'en rencontre ordinairement en Angleterre, s'étant d'ailleurs échauffé le corps par autant d'exercice qu'il en pouvoit prendre ſans s'incommoder : quoi qu'il pût faire, la liqueur n'a pas monté au-delà de 288 lignes. Il ajoute que la différence entre ces deux expériences lui parut bien peu de choſe en comparaiſon de la chaleur de ſon corps qui lui ſembla beaucoup plus grande dans la ſeconde expérience que dans la premiere : il en a fait d'autres en hiver, qui lui ont donné les mêmes choſes, d'où il conclut que la chaleur du corps humain en ſanté, eſt à peu près la même en été & en hiver, & qu'elle eſt égale à celle de l'air qui regne dans la partie la plus échauffée de la terre, comme le rapporte M. Newton.

Je crois ne pouvoir plus à propos déſabuſer ceux qui s'imaginent que les caves ſont froides en été, & chaudes en hiver, quoiqu'il arrive le contraire, ce que je vais prouver en ſuivant les vues de M. Mariote qui a écrit un fort beau diſcours ſur ce ſujet.

Diſſertation pour faire voir, contre l'opinion commune, que les caves ſont plus chaudes en été qu'en hiver, & plus froides en hiver qu'en été.

§ 25. La plûpart des choſes naturelles faiſant leurs fonctions par la chaleur, ſoit qu'elle ſoit interne & propre, comme celle des hommes & des autres animaux, ſoit qu'elle ſoit externe, comme celle que les plantes reçoivent du ſoleil ; le degré de chaleur qui leur convient ne peut être notablement augmenté ou diminué qu'elles ne périſſent. C'eſt pourquoi le ſens de notre attouchement a dû être diſpoſé de telle ſorte, que tout ce qui excede la température de notre chaleur, nous paroît chaud, & que tout ce qui a moins de chaleur que nous, excite un autre ſentiment tout différent, que nous appellons froid, afin que nous puiſſions éviter les inconvéniens qui arriveroient par l'augmentation ou par la diminution de notre chaleur naturelle, & nous conſerver dans notre juſte tempérament. Mais d'en tirer cette conſéquence que tout ce que nous ſentons froid ſoit abſolument ſans chaleur ; c'eſt une erreur très-groſſiere : car de même que quelques animaux qui ſont naturellement plus chauds que nous, ſe tromperoient, ſi en nous touchant ils nous jugeoient ſans cha-

leur, auſſi nous trompons-nous, lorſque nous eſtimons froids abſolument, ceux qui ont leur tempérament de chaleur dans un degré inférieur au nôtre.

826. Ce n'eſt donc pas par le ſentiment du froid, que nous devons juger ſi une choſe eſt ſans chaleur, mais par des raiſonnemens fondés ſur d'autres principes, & par les effets que la chaleur produit ordinairement; ainſi c'eſt à tort que la plûpart ſe plaignent que nos ſens nous trompent; ce n'eſt point à eux qu'il faut s'en prendre, mais plutôt au défaut de notre maniere de raiſonner; car les ſens ne nous ſont pas donnés pour juger des choſes telles qu'elles ſont en elles-mêmes, mais ſeulement telles qu'elles ſont à notre égard, afin que nous puiſſions éviter celles qui nous ſont nuiſibles, & nous ſervir de celles qui ſont propres à notre conſervation.

Si on ſuppoſe que dans les caves ordinaires il n'y a point d'autre chaleur que celle qui procede du ſoleil, il n'y a point de doute que pendant les premieres chaleurs de l'été, les caves très-profondes ne doivent être moins échauffées qu'au commencement de ſeptembre; parce que la chaleur ne s'inſinuant que peu à peu dans la terre, il faut beaucoup de tems avant qu'elle ait pénétré juſqu'aux ſouterreins: le ſoleil ayant luit tout le jour, la ſurface de la terre eſt plus échauffée à trois heures après midi, qu'à dix ou onze heures du matin, & il fait ordinairement moins chaud au ſolſtice d'été, qu'un mois ou ſix ſemaines après: par la même raiſon la plus grande chaleur des caves profondes doit être vers la fin de l'été, & le plus grand froid vers la fin de l'hiver, parce qu'elles s'échauffent & ſe refroidiſſent peu à peu.

M. Mariotte, voulant ſavoir ſi l'expérience ſeroit conforme à ce raiſonnement, fit placer un thermometre dans une des caves de l'Obſervatoire royal de Paris. Ayant ſuivi pendant pluſieurs années les variations de ce thermometre, il a reconnu que la liqueur deſcendoit dans le tems des plus grands froids de l'hiver, & montoit au plus haut point, dans le tems des plus grandes chaleurs de l'été; ainſi, ſans entrer dans le détail, il n'en faut pas davantage pour être convaincu que la chaleur qui regne dans les caves eſt plus grande en été qu'en hiver.

Cependant comme les caves paroiſſent froides en été & chaudes en hiver, il ne faut, pour rendre raiſon de ces apparences, que faire attention, que ſi l'on met la main dans l'eau bouillante & qu'auſſi-tôt on la trempe dans de l'eau tiede, cette derniere paroîtra froide; au contraire, ſi on met la main dans de

l'eau prête à ſe geler, enſuite dans l'eau tiede, celle-ci paroîtra chaude. De même, lorſqu'en été on ſort d'un air fort échauffé, pour entrer dans une cave, où il eſt beaucoup moins chaud, ce dernier paroît froid, & devient à l'égard de celui de dehors, ce que l'eau tiede eſt à l'égard de l'eau bouillante. Au contraire, lorſqu'en hiver l'on ſort d'un air très-froid pour entrer dans une cave, l'air y paroît chaud, parce qu'il a moins perdu de ſon degré de chaleur que celui de dehors, & le ſentiment qu'occaſionne l'air de la cave en été & en hiver, doit être d'autant plus vif, qu'en été les pores de notre peau étant fort ouverts, dès qu'on paſſe dans un endroit où l'air n'eſt que médiocrement chaud, il nous ſurprend en s'inſinuant dans l'intérieur des mêmes pores, leſquels ſe trouvant alors très-chauds & très-ſenſibles, ſont cauſe que l'on regarde comme froid, une chaleur moindre que celle que nous ſentons, au contraire de ce qui arrive en hiver, le propre du froid étant de reſſerrer les pores, mais qui ſe dilatent quand on paſſe dans un air qui a moins perdu de ſa chaleur.

Deſcription d'une pompe par laquelle on peut faire monter l'eau à une hauteur médiocre par l'action alternative du chaud & du froid.

827. Tandis que nous en ſommes ſur l'action du chaud & du froid, je crois qu'on ne ſera pas fâché de trouver ici la deſcription d'une pompe naturelle qui peut élever l'eau à une hauteur médiocre par le moyen de ces deux agens.

Elle eſt compoſée d'un vaiſſeau ſphérique NBAC qu'il convient de faire de cuivre, & lui donner le plus grand diametre qu'il eſt poſſible; à ce vaiſſeau ſont adaptés, vers le bas, deux tuyaux, le premier NK, qui eſt vertical, & qui trempe dans l'eau qu'on veut élever, doit avoir à ſon extrémité K une ſoupape.

FIG. 18.

Le ſecond tuyau EFG, qui va en montant, aboutit par ſon extrémité G au réſervoir H où l'on veut que l'eau aille ſe rendre, & doit avoir auſſi une ſoupape en F, diſpoſée de façon qu'étant fermée, l'eau qui eſt une fois montée dans le tuyau ne puiſſe plus deſcendre; on obſervera que l'autre extrémité G de ce tuyau doit être plus élevée que le ſommet de la ſphere.

Pour faire agir cette machine, il faut qu'elle ſoit expoſée de façon que le ſoleil puiſſe donner deſſus pendant toute la journée; on commence d'abord par verſer de l'eau dans la ſphere, environ juſqu'aux deux tiers BNC, que l'on introduit par un orifice A qu'il faut enſuite fermer, afin que l'air qui occupera le reſte BAC de la capacité de la ſphere, ne puiſſe ſortir.

Pour juger de l'effet de cette pompe, conſidérez que l'air renfermé dans la partie BAC venant à être échauffé par les rayons du

du ſoleil, tendra à ſe dilater, & preſſera la ſurface de l'eau, laquelle ouvrira la ſoupape qui eſt en F, pouſſera celle qui eſt dans le tuyau FG, la fera paſſer dans le réſervoir H, & ſuivra le même chemin pour y couler elle-même, tant que la chaleur du ſoleil donnera aſſez de reſſort à l'air renfermé pour preſſer la ſurface BC autant qu'il eſt néceſſaire. Quand la chaleur ſera paſſée, la fraîcheur de la nuit ſuccédant, les molécules de l'air intérieur ſe reſſerreront, n'auront pas tant de reſſort que pendant le jour, & même beaucoup moins que l'air extérieur, parce que celui qui eſt renfermé occupant un plus grand volume qu'au commencement que la chaleur a agi, ſe ſera dilaté dans l'eſpace vuide qu'a laiſſé l'eau qui eſt montée le jour. Car la ſphere ayant été remplie aux deux tiers d'eau, s'il en eſt monté la moitié, par exemple, l'air qui n'occupoit qu'un tiers de la ſphere, en occupera les deux tiers, & ſera dilaté du double de l'air extérieur; ainſi ce dernier ayant l'avantage preſſera la ſurface MI de l'eau de la fontaine, ou du puits où trempe le tuyau NK, & la fera monter dans le même tuyau pour paſſer dans la ſphere juſqu'à la hauteur où ſon poids, joint à la force du reſſort de l'air intérieur, ſera en équilibre avec celui de dehors, & l'un & l'autre demeureront dans cet état juſqu'au tems où le ſoleil échauffera de nouveau l'air intérieur, pour faire monter l'eau comme auparavant: ainſi la fraîcheur fera monter l'eau, pendant la nuit, de la fontaine dans la ſphere, & pendant le jour la chaleur la fera monter de la ſphere dans le réſervoir. Au reſte cette pompe ne peut guere réuſſir comme il faut, que dans les pays où les jours ſont fort chauds, & les nuits très-froides.

828. L'humidité a la propriété d'augmenter conſidérablement la force du reſſort de l'air; c'eſt-à-dire, que ſi un air chargé de vapeurs vient à ſe raréfier par la chaleur, il ſe raréfie davantage: alors étant renfermé, il fait beaucoup plus d'effort pour ſe dilater, qu'il n'en eût fait, quoique mis en action avec un même degré de chaleur, s'il avoit été pur & ſerein; ce qui eſt confirmé par pluſieurs expériences. *L'humidité augmente la force du reſſort de l'air.*

J'ai mis pluſieurs fois des bouteilles de gros verre bien bouchées dans de l'eau bouillante; celles où il n'y avoit que de l'air ne caſſoient point, mais les autres où j'avois mis une demi-cuillerée d'eau, éclatoient un moment après avec une grande détonnation. Nous verrons par la ſuite, en expliquant les machines qu'on fait agir par l'action du feu, que ſi l'on renferme dans un vaiſſeau de fer ou d'airain bien bouché, de l'eau & de l'air,

& que l'on faſſe bouillir l'eau, la vapeur qu'elle exhale augmente le reſſort de l'air à un point qui eſt à peine croyable.

L'eau eſt toute impregnée d'air; expérience ſur ce ſujet.

829. Je ne dois pas oublier de dire que l'eau eſt toute remplie d'air; ſi on met de l'eau dans un vaſe, qu'on le place ſous le récipient de la machine du vuide, on voit, après un certain nombre de coups de piſton, des bulles d'air s'élever du fond de l'eau juſqu'à la ſurface, où elles ſe diſſipent, ce qui continue juſqu'à ce que le vuide ſoit entiérement fait, après quoi l'on ne voit plus monter de bulles, quelque tems que l'eau reſte dans la machine. Si l'on retire cette même eau pour la faire un peu chauffer, & qu'on la remette ſous le récipient, à meſure que l'on pompe, on en voit ſortir des bulles beaucoup plus groſſes qu'auparavant, & il ſe fait une effervescence, plus grande que celle qui ſeroit cauſée par le feu, qui diminue à meſure que l'eau refroidit, & ne ceſſe que quand elle eſt entiérement froide. Quoiqu'il ſoit déja ſorti de cette eau beaucoup d'air, elle en contient encore une grande quantité, puiſque ſi on la fait chauffer une ſeconde fois, mais un peu plus que la premiere, on en tirera autant d'air qu'il en étoit ſorti; continuant à diverſes repriſes de faire chauffer l'eau de plus en plus, on en verra toujours ſortir de nouvel air.

830. Ce n'eſt pas ſeulement avec les liqueurs, que l'air a de l'adhérence, il en a auſſi avec les corps ſolides: par exemple, ſi l'on met une aiguille ſur la ſurface d'un verre d'eau, elle ſe ſoutient, quoique ſa peſanteur ſpécifique ſoit beaucoup plus grande que celle de l'eau, ce qui vient de l'adhérence des parties de l'air à l'aiguille, & comme cette aiguille ne touche l'eau que le long de ſa partie inférieure, le reſte eſt comme porté dans une petite gondole d'air: cela eſt ſi vrai que dès qu'on mouille l'aiguille pour en écarter l'air qui lui eſt contigu, elle ne ſurnage plus.

Remarque ſur l'eau convertie en glace.

831. L'eau eſt plus légere étant glacée, que lorſqu'elle eſt liquide, puiſqu'elle ſurnage ou flotte ſur elle-même; M. *Mariotte* compte qu'elle eſt plus légere de $\frac{1}{112}$, au contraire de ce qui arrive à l'air que le froid condenſe. Cela ne peut provenir que des bulles d'air, dont la ſubſtance de la glace eſt parſemée, qui ayant abandonné les pores de l'eau au moment qu'elle a commencé à ſe geler, ſe ſont raſſemblés par peloton; comme elles ont alors plus d'agitation & de force qu'auparavant pour s'étendre, elles font occuper à l'eau gelée plus de volume que la même quantité n'en occupoit auparavant. C'eſt ce qui fait que l'eau qui remplit quelque vaſe, s'enfle & ſort du vaſe à meſure qu'elle ſe glace, & même le briſe ſouvent, à moins que ſa figure n'aille en

s'élargiſſant du fond vers les bords, afin que l'eau puiſſe ſe gonfler librement autant que l'air qu'elle contient le demande.

Ce qui confirme que la dilatation de l'eau glacée ne vient que de l'extention de l'air qu'elle contient, c'eſt l'expérience de l'eau que l'on a fait bouillir pendant quelque tems pour en faire ſortir l'air, ou en la mettant ſous le récipient de la machine du vuide; puiſque dans ces deux expériences on voit ſenſiblement une infinité de bulles d'air ſortir de toute l'étendue de l'eau. Si l'on fait glacer enſuite cette eau, en l'expoſant au grand froid, ou par artifice, & qu'on la plonge en cet état dans de pareille eau non glacée, elle deſcend au fond au lieu de ſurnager, ce qui marque qu'elle eſt alors plus peſante, ne contenant plus d'air pour la dilater. Au reſte, quand elle en eſt toute imprégnée, elle ne laiſſe pas de ſe condenſer un peu par le froid, puiſqu'elle eſt plus peſante en hiver qu'en été, environ dans le rapport de 373 à 370.

L'eau dont on a tiré l'air s'en remplit en peu de tems y étant expoſée, comme l'expérience le confirme; c'eſt pour cela que lorſque la gelée dure quelque tems, on eſt obligé de caſſer la glace des étangs & autres réſervoirs, où il y a du poiſſon, afin qu'ils en reprennent de nouveau; car l'air eſt ſi néceſſaire à la ſubſiſtance du poiſſon, auſſi-bien qu'à celle des autres animaux, qu'il ne ſauroit vivre dans l'eau dont on a attiré l'air; il y tombe auſſitôt en défaillance, comme ſi on l'avoit mis ſous la machine du vuide, & on ne peut le rappeller à la vie, qu'en le mettant dans de l'eau qui n'eſt pas purgée d'air.

Conjecture ſur la maniere dont le feu agi pour dilater les fluides.

832. Si le froid a la propriété de durcir les parties de l'eau & de les condenſer, la chaleur au contraire les rend plus fluides, & en augmente extrêmement l'action, puiſqu'elle devient capable de pénétrer & de diſſoudre des corps durs, ce qui marque que ſes parties ſont alors dans une grande agitation. Or cette agitation peut être cauſée ou par la matiere du feu que l'on met deſſous, laquelle pénétrant au travers du vaſe qui la contient, remplit toute ſa ſubſtance, ou par les rayons du ſoleil raſſemblés par un miroir ardent. Mais ce qu'il y a de bien ſingulier, c'eſt que le degré de chaleur de l'eau bouillante ainſi que des autres liqueurs eſt limité, & ne croît pas à meſure qu'on augmente le feu; ce qui vient ſans doute de ce que les parties du feu ou de la lumiere n'augmentent plus l'action de l'eau lorſqu'elles ſont entiérement détachées les unes des autres, & qu'elles ont leur liberté toute entiere.

Pendant cette agitation, les parties du feu qui demandent toujours à s'étendre, enlevent avec elles quantité de parties d'eau, & ce composé de parties de matiere éthérée & d'eau étant plus léger que l'air qui répond à la surface de la terre, ce dernier les chasse au-dessus de lui, & les tient suspendues en vapeurs, brouillards, ou nuées, jusqu'à ce que les vents les poussent les unes contre les autres; & lorsqu'en s'épaississant elles deviennent plus pesantes que l'air qui les soutient, elles retombent en pluie.

Effets surprenans des cordes mouillées.

833. L'air contient en tout tems beaucoup de ces vapeurs ou petites gouttes d'eau suspendues, comme cela se prouve par l'expérience suivante: si l'on trempe une seule fois une vieille corde dans de l'eau salée, & qu'on la suspende en cet état, elle dégoutera toute l'année des gouttes d'eau. On sait aussi que quand on commence à pomper l'air de la machine du vuide, il s'y forme comme un brouillard qui ne peut venir que des vapeurs qui retombent les unes sur les autres n'étant plus soutenues par l'air comme auparavant.

Mais rien n'est plus admirable qu'une corde suspendue à une poutre; on attache à l'extrémité de cette corde un poids aussi grand que l'on veut, comme de 10000 livres, enforte qu'il pose légérement à terre pendant un tems sec; aussi-tôt que l'air devient humide, on voit ce poids monter peu à peu, & redescendre de même quand l'air devient plus sec. Pour expliquer ce phénomene il faut considérer les parties de l'eau comme des grains de sable très-fins, extrêmement polis, fort durs, & sans angles, qui pénétrent les pores des différens corps, comme feroient des petits coins qui glissent les uns contre les autres, & s'insinuent dans les pores de la corde, où elles ne trouvent par un air aussi grossier & aussi embarrassant, à pénétrer que celui qui les contient; quand elles sont une fois dans ces pores, elles sont forcées de pénétrer plus avant par l'action du ressort de l'air environnant: alors la corde s'enfle, par conséquent se raccourcit & enleve le poids.

La même chose arrive lorsque cette corde étant seche, on l'arrose avec de l'eau; on voit monter le poids dans le moment, ce qui prouve que la corde s'est renflée par l'humidité qu'elle a bue, puisqu'elle s'est raccourcie. Mais si cette élévation du poids vient de la pression de l'air extérieur, comme nous le supposons, il faut que la colonne d'air qui environne la corde, trouve lieu de descendre un peu, à mesure qu'elle éleve le poids, puisque dans l'état de l'équilibre le poids doit toujours être à la force motrice ré-

ciproquement comme le chemin de celle-ci eſt au chemin du poids; il faut donc qu'à meſure que la corde s'enfle, elle s'accourciſſe en telle proportion qu'elle occupe moins d'eſpace étant humide que ſeche; c'eſt-à-dire, que ſi l'on multiplie ſa baſe ou groſſeur par ſa longueur, dans ces deux états, le dernier produit, lorſqu'elle eſt mouillée, ſera plus petit que le premier lorſqu'elle eſt ſeche, (ce qui pourroit paſſer pour un paradoxe) & la différence de ces produits étant diviſée par la baſe de la colonne d'air environnante, qui eſt la ſurface de la corde enflée, donnera une longueur qui ſera égale à la deſcente de cette colonne; mais la difficulté qu'il y a de faire ces calculs exactement, fait que je ne m'y arrête pas davantage.

834. On ſe ſert de la même force de l'eau pour déroquer les marbres des carrieres, ou pour fendre de groſſes pierres. Ayant fait un ſillon autour du bloc qu'on veut détacher, on y enfonce des coins d'un bois très-léger deſſéché au four, que l'on arroſe enſuite d'eau; après quelque tems on trouve le bloc de marbre détaché de ſon lit, ce que des milliers de chevaux n'auroient pu faire. Or ce qui produit un effet ſi ſurprenant, c'eſt ſans doute le double effort du coin qui s'y rencontre, car le bois que l'on y enfonce à force, fait déja un très-grand effort par ſa figure; & les parcelles de l'eau par la leur l'augmentent encore prodigieuſement.

On peut ſe ſervir utilement de l'action de l'eau pour déroquer le marbre des carrieres, ou pour fendre des groſſes pierres.

Il n'y a pas de doute au reſte que la plûpart des autres liqueurs, particuliérement celles qu'on appelle *maigres*, ne faſſent enfler les corps ſecs, poreux, & capables d'extenſion, parce qu'elles contiennent beaucoup d'eau, outre les parties ſalines dont elles ſont fort remplies, qui ne ſont pas moins propres au même effet que celles de l'eau, ſi elles ne le ſont davantage.

CHAPITRE II.

De la théorie des machines mues par le vent, & la maniere d'en calculer l'effet.

Examen du choc du vent, où l'on fait voir sa conformité avec le choc de l'eau.

835. L'AIR étant un fluide, doit, à certains égards, suivre les mêmes loix que l'eau : on sait que quand la vîtesse de l'eau est différente, ses impressions sont comme les quarrés des vîtesses; (568) de même, quand un vent va plus vîte qu'un autre, non-seulement il frappe un corps opposé avec plus de force, parce qu'il va plus vîte, mais parce qu'il y a plus de parties d'air qui frappent dans le même tems; & le nombre de ces parties sera d'autant plus grand que la vîtesse est plus grande. (569) D'où il suit que de deux vents dont le premier auroit deux degrés de vîtesse, & le second trois, l'impression du premier sera à l'impression du second, sur des surfaces égales & directement opposées, comme le quarré de deux est au quarré de trois.

Expériences sur le choc du vent, pour en connoître le rapport avec le choc de l'eau.

836. Comme on n'ose s'assurer de rien dans les sujets qui ont rapport à la Physique, que l'expérience ne l'ait confirmé, MM. *Mariotte* & *Huyghens* en ont fait un grand nombre qui se sont toutes trouvées conformes à ce raisonnement. Prévenus que l'eau d'un réservoir soutenoit, à la sortie des ajutages égaux, des poids proportionnés à la hauteur des colonnes d'eau qui répondoient aux mêmes ajutages, (570) ils ont voulu voir s'il arriveroit la même chose à l'air, quoiqu'il n'y eut nulle raison d'en douter. Pour cet effet, ils se sont servis d'une machine dans laquelle l'air étoit successivement pressé par différens poids, & s'échappoit par un tuyau ouvert; on voyoit par-là quel poids l'air pouvoit contrebalancer à sa sortie, & la force de son impression sur les surfaces qu'il rencontroit; on pouvoit voir aussi combien il étoit de tems à en sortir entiérement suivant les différentes vîtesses que lui donnoient les différens poids dont il étoit chargé.

Par toutes les différentes expériences qui furent faites, on fut convaincu qu'il en étoit de l'air comme de l'eau; l'air sort plus vîte de son tuyau quand il est pressé par de plus grands poids; c'est-à-dire, que quand la vîtesse est trois ou quatre fois plus grande, l'impression qu'il fait à sa sortie sur les surfaces opposées, est neuf fois, seize fois plus grande, toujours en raison doublée des vîtesses; ainsi les poids qui lui impriment ces différentes vîtesses, sont en-

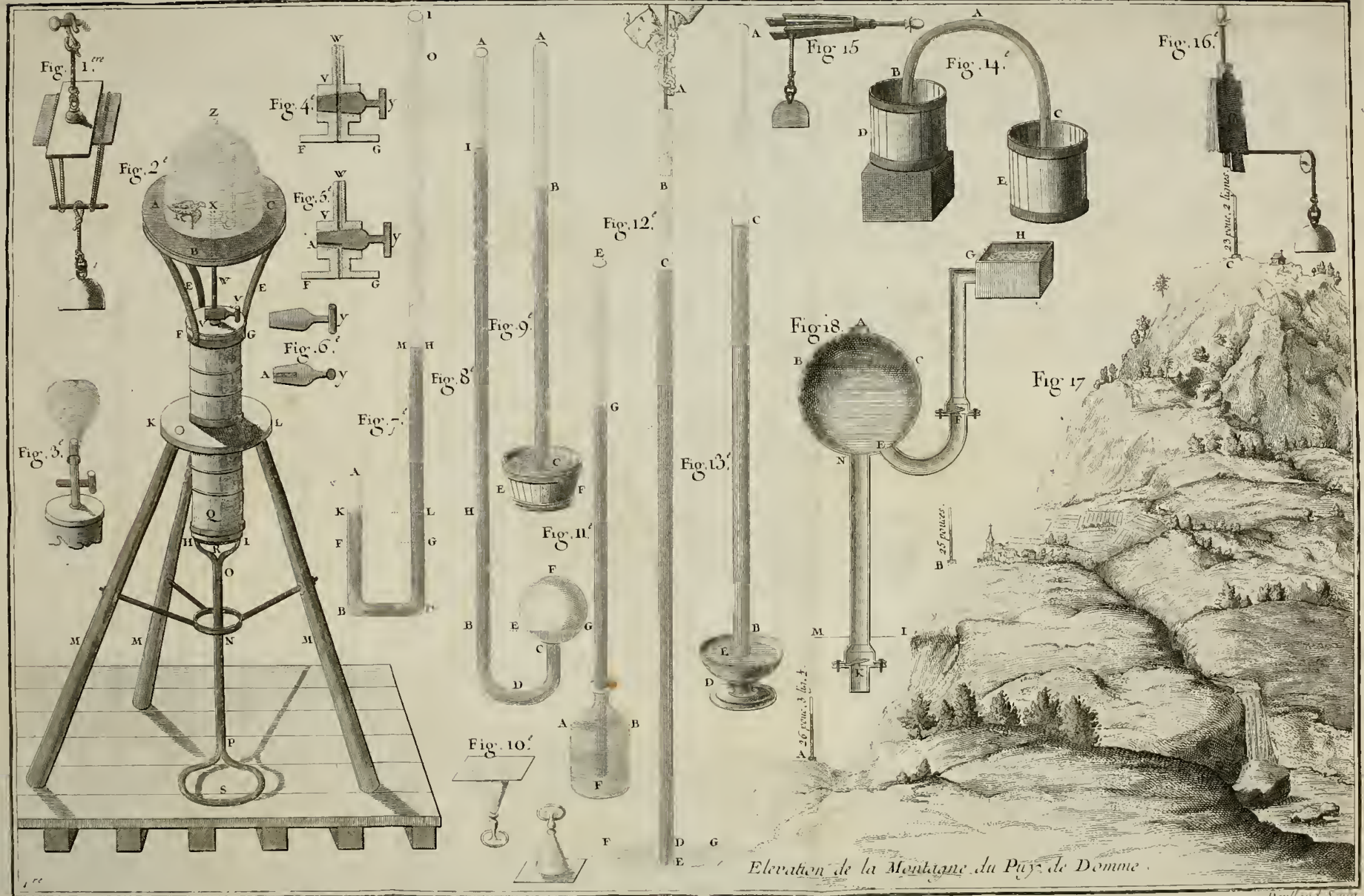


Fig. 1.ere
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15
Fig. 16.
Fig. 17
Fig. 18.
23 pouc. 2 lignes.
25 pouces.
26 pouc. 3 lig. 4.
Elevation de la Montagne du Puy de Domme.
Deullard Sculp.

tr'eux comme les quarrés des vîteſſes. Voici le détail de quelques-unes de ces expériences.

837. La machine dont on s'eſt ſervi eſt repréſentée par la troiſieme figure de la planche 2 ; c'eſt une eſpece de cylindre creux, dont les deux baſes AD & BC ſont de bois, & le reſte de cuir tendu par pluſieurs cerceaux de fil de fer FE, HI, LM ; afin que la baſe AD puiſſe s'approcher de la baſe BC, qu'on ſuppoſe inébranlable ; à cette baſe eſt un trou N, par où l'air enfermé dans le cylindre peut ſortir. PLAN. 2. FIG. 3.

On a placé au-deſſous du cylindre un tourniquet repréſenté dans la ſeconde figure, compoſé d'un eſſieu CD traverſé d'une regle OR poſée horizontalement & diviſée en deux parties égales par l'eſſieu ; l'extrémité R de cette regle répondoit directement au-deſſous du trou N ; à l'autre extrémité étoit un poids Q, ſoutenu par un appui UO ; enſuite on a chargé la baſe AD d'un poids P, qui étoit tel que faiſant deſcendre cette baſe, l'air qui ſortoit par le trou N, venant choquer la regle à l'extrémité R, faiſoit équilibre avec le poids Q. Quand cela arrivoit, le poids Q étoit au poids P, comme la ſurface du trou N, à la ſurface du cercle AD ou BC, ce qui eſt bien naturel, car tout l'air du cylindre ſe trouvant preſſé par le poids P, venoit s'appuyer également ſur toutes les parties de cette baſe. Par conſéquent, ſi la ſuperficie du trou N étoit la trentieme partie de la ſuperficie du cercle BC, la preſſion de l'air qui répondoit à ce trou, ne pouvoit être que la trentieme partie de la preſſion que ſoutenoit la baſe BC, elle étoit par conſéquent équivalente à la trentieme partie du poids P ; or comme l'extrémité de la regle OR, recevoit la même impreſſion qu'auroit reçu la ſuperficie du trou N s'il avoit été fermé, le poids Q devoit donc être la trentieme partie du poids P. FIG. 2.

On a fermé l'ouverture N, & l'on en a fait une autre K, égale à la précédente, pour voir ſi l'air en ſortiroit avec la même vîteſſe ; on a trouvé qu'il faiſoit encore équilibre avec le poids Q comme auparavant ; parce que le rapport du poids P au poids Q, étoit toujours le même que celui de la baſe BC à l'ouverture K. On a répété la même expérience avec des poids différens, & l'on a trouvé que les petits poids qui faiſoient équilibre au choc de l'air, étoient toujours l'un à l'autre dans le même rapport que les grands dont le cylindre étoit chargé.

On a rempli d'eau ce cylindre, pour voir ſi en ſortant par l'ouverture K, elle feroit le même effet que l'air ; ce qui eſt arrivé,

ayant fait équilibre par ſon choc avec un poids qui étoit au poids P, comme l'ouverture K à toute la baſe BC; ſur quoi il eſt à remarquer que le poids de l'eau renfermée dans le cylindre, ne pouvoit pas contribuer à la force du jet, puiſque s'appuyant ſur la baſe BC, elle étoit preſque toute au-deſſous de l'ouverture.

Il ſuit donc que l'air & l'eau qui ſortent ſucceſſivement par la même ouverture, quelque poids qu'on mette ſur la baſe, ſoutiennent le même poids par leur choc, quoique l'eau ſoit d'une matiere beaucoup plus denſe & plus peſante que celle de l'air; ce qui vient de ce que l'air ſort beaucoup plus vîte que l'eau.

La vîteſſe du vent doit être 24 fois plus grande que celle de l'eau, pour choquer une même ſurface avec une égale force.

838. On a trouvé par pluſieurs expériences, que quand le cylindre étoit plein d'eau, il lui falloit un tems vingt-quatre fois plus grand pour ſe vuider que quand il étoit plein d'air; c'eſt-à-dire, que quand il falloit vingt-quatre ſecondes à l'eau pour ſe vuider, il n'en falloit qu'une à l'air: d'où l'on peut conclure, qu'afin qu'un jet d'air faſſe le même effet par ſon choc qu'un jet d'eau qui auroit un même ajutage, il faut que la vîteſſe de l'air ſoit vingt-quatre fois plus grande que celle de l'eau.

Puiſque les forces ou les impreſſions de l'air ſont comme les quarrés des vîteſſes, il ſuit que quand il a 24 degrés de vîteſſe, il fait une impreſſion cinq cens ſoixante-ſeize fois plus grande que s'il n'en avoit qu'un. Or comme ſa vîteſſe doit être vingt-quatre fois plus grande que celle de l'eau pour faire une impreſſion égale; on voit que quand l'air & l'eau vont également vîte, l'eau a cinq cens ſoixante-ſeize fois plus de force que l'air; c'eſt-à-dire, que les impreſſions de l'air & de l'eau ſont comme les quarrés de 1 & de 24, puiſque ces deux nombres expriment le rapport des vîteſſes qui rendent leurs forces égales.

Autre maniere d'eſtimer le rapport du choc de l'air, à celui de l'eau.

839. On peut encore juger du rapport du choc de l'eau à celui de l'air indépendamment de l'expérience précédente, car ſelon l'article 792, on a trouvé que le poids de l'eau étoit à celui de l'air comme 640 eſt à 1. Or s'il s'agiſſoit de deux corps ſolides dont l'un fût ſix cens quarante fois plus léger que l'autre, il faudroit que le plus léger allât ſix cens quarante fois plus vîte que le premier, pour que leur choc fût égal, parce qu'alors leur quantité de mouvement ſera la même; mais étant queſtion de deux fluides, leurs quantités de mouvement ſeront en raiſon compoſée de leurs maſſes, & des quarrés de leurs vîteſſes. Ainſi, pour que la quantité de mouvement de l'air & celle de l'eau ſoit la même, il faut que les peſanteurs d'un égal volume d'eau & d'air, qu'on peut prendre pour leurs maſſes, ſoient dans la raiſon réciproque des quarrés de

leurs

leurs vîteſſes. Prenant donc l'unité pour la vîteſſe de l'eau, 640 pour ſon poids, celui de l'air ſera auſſi exprimé par l'unité, & nommant x, ſa vîteſſe, on aura 1, quarré de la vîteſſe de l'eau, eſt à xx, quarré de la vîteſſe de l'air, comme 1 liv. poids de l'air, eſt à 640, poids de l'eau; d'où l'on tire $640 = xx$, ou $25\frac{1}{2} = x$, qui fait voir que la vîteſſe de l'air doit être au moins vingt-cinq fois plus grande que celle de l'eau, pour choquer avec une égale force une même ſurface. Ce calcul ne cadre point exactement avec les expériences dont nous venons de parler, mais il ne faut pas s'en étonner, vu les frottemens que l'air & l'eau ont eſſuyés en ſortant du trou; d'ailleurs l'air étant beaucoup plus dilaté en été qu'en hiver, (808) doit avec la même vîteſſe, choquer avec d'autant moins de force, qu'il ſera plus dilaté, & au contraire: ainſi l'on ne peut eſtimer à la rigueur le choc de l'air par le quarré de ſa vîteſſe ſeulement, à moins d'avoir égard à l'état où il ſe trouvera alors. Cependant, pour nous arrêter à un point fixe, & nous conformer à la regle la plus ſuivie dans les *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, nous nous en tiendrons à l'expérience de l'article 838.

Maniere d'eſtimer le choc du vent en livres, comme on fait celui de l'eau.

840. Puiſqu'il faut que la vîteſſe du vent ſoit vingt-quatre fois plus grande que celle de l'eau, pour que le choc du vent ſoit égal à celui de l'eau, il ſera aiſé de meſurer le choc du vent comme on meſure celui de l'eau, en diviſant la vîteſſe du vent par 24, pour la réduire à celle de l'eau qui feroit la même impreſſion, ou en quarrant la vîteſſe du vent, & en diviſant le produit par 576; le quotient pourra être conſidéré comme le quarré de la vîteſſe d'une eau dont le choc ſeroit équivalent à celui du même vent. Enſuite il ſera aiſé par la regle (602) de connoître en livres ou en onces la force du choc du vent; par exemple, s'il s'agiſſoit d'un vent dont la vîteſſe fût de 24 pieds par ſeconde, ſon quarré ſera encore 576, qui étant diviſé par le même nombre, le quotient ſera 1, qu'on peut regarder comme le quarré de la vîteſſe d'une eau qui ne ſeroit que d'un pied par ſeconde, qu'il faut diviſer par 60, pour avoir $\frac{1}{60}$ multiplié par la ſurface choquée. Si l'on ſuppoſe cette ſurface d'un pied quarré, le produit ſera encore $\frac{1}{60}$, qui étant multiplié par 70, peſanteur d'un pied cube d'eau, l'on aura $\frac{70}{60}$ ou $\frac{7}{6}$ pour le poids de la colonne d'eau, équivalent au choc d'un courant dont la vîteſſe ſeroit d'un pied par ſeconde, ou d'un vent dont la vîteſſe, dans le même tems, ſeroit de 24 pieds. Multipliant 7 par 16, pour réduire les livres en onces, on aura 112, qui étant diviſés par 6, le quotient donnera 19 onces, pour le choc du vent contre la ſurface d'un pied quarré; c'eſt-à-dire, qu'ayant une

PLAN. 2. FIG. 1. surface ABCD d'un pied quarré, directement oppoſée au vent & attachée verticalement à un tourniquet, elle ſoutiendra en équilibre un poids H, de 19 onces, ſi ce poids répond à un bras de levier dont la longueur HE, depuis le centre de l'axe E du tourniquet juſqu'à la ligne de direction tirée du centre de gravité du poids, ſoit égale à la diſtance EF du même axe au centre de gravité F de la ſurface. On obſervera que ſi la ligne EF étoit plus grande de la moitié, d'un quart, ou d'un cinquieme que le bras de levier HE qui répond au poids, alors la ſurface d'un pied ſera en équilibre avec un poids qui ſeroit plus grand que H, de la moitié, d'un quart, ou d'un cinquieme du même poids.

J'ajouterai, qu'on ſuppoſe ici que la regle EH, qui ſert de bras de levier, traverſe l'eſſieu, afin d'avoir un autre bout EG, qui ſoit en équilibre par ſa peſanteur avec la partie HE, avant que d'y avoir appliqué le poids.

Connoiſſant le choc & la viteſſe d'un certain vent, connoître le choc d'un autre vent dont on a la viteſſe.

841. Quand on eſt une fois prévenu du choc d'un certain vent dont on connoît la vîteſſe, on peut, par une regle beaucoup plus courte que la précédente, meſurer le choc d'un autre vent dont on connoît la vîteſſe; par exemple, nous ſavons qu'un vent qui auroit 24 pieds de vîteſſe par ſeconde, fait une impreſſion de 19 onces contre une ſurface d'un pied quarré; ſi l'on demande quel ſera l'effort d'un autre vent qui auroit 15 pieds de vîteſſe par ſeconde, contre la même ſurface; il faut dire ſi 576, quarré de 24 pieds, donne 19 onces, combien donnera 225, quarré de 15 pieds de vîteſſe; on trouvera 7 onces 3 gros. Or multipliant ce nombre par la quantité de pieds quarrés que contient la ſurface qui eſt choquée par le même vent, par exemple par 60 pieds, on trouvera un peu moins de 28 livres pour l'effort du vent contre cette ſurface.

Maniere de connoître la viteſſe du vent, en connoiſſant la force du choc dont il eſt capable.

842. On pourra de même connoître la vîteſſe du vent par ſon choc; car ſuppoſant que dans une expérience faite avec toutes les précautions néceſſaires, on a trouvé qu'un certain vent a fait une impreſſion de 12 onces contre une ſurface verticale d'un pied quarré, pour connoître la vîteſſe de ce vent, on dira comme 19 onces eſt au quarré de 24, ainſi 12 onces eſt au quarré de la vîteſſe que l'on cherche; qu'on trouvera d'environ 363, dont la racine eſt 19 pieds 4 pouces.

Remarques ſur les différentes manieres dont une ſurface peut

843. Comme c'eſt la même choſe que l'air aille avec une certaine vîteſſe, à la rencontre d'une ſurface immobile, ou que l'air étant en repos, ce ſoit la ſurface qui aille à ſa rencontre avec la même vîteſſe; il s'enſuit que l'impreſſion que recevra cette ſurface,

doit être exprimée par le quarré de ſa vîteſſe. Ainſi tirant deux coups de canon d'une même piece, le premier chargé à la peſanteur du boulet, & le ſecond à la moitié de cette peſanteur ſeulement, (on ſuppoſe ici les effets proportionnels à leurs cauſes) la vîteſſe du premier boulet ſera double de celle du ſecond; par conſéquent la réſiſtance de l'air ſur le premier ſera quadruple de la réſiſtance de l'air ſur le ſecond; ſur quoi il faut faire attention que la ſurface qui reçoit l'impreſſion de l'air n'eſt pas exprimée par celle du boulet, mais par la ſuperficie de ſon grand cercle. *être choquée par le vent.*

Si l'on avoit deux pieces de différens calibres, chargées dans le rapport des peſanteurs de leurs boulets, il eſt certain que les deux boulets iroient avec la même vîteſſe, parce que les impulſions ſeroient proportionnées aux maſſes; cependant le gros boulet portera beaucoup plus loin que le petit, parce que le cercle qu'il préſente à l'air eſt moindre, à proportion de ſa maſſe, que le cercle du petit boulet ne l'eſt à l'égard de la ſienne.

J'ajouterai que quand une ſurface va directement à la rencontre du vent, ſon choc doit être exprimé par le quarré de la ſomme des vîteſſes de la ſurface & du vent: (599) que ſi une ſurface ſuit le cours du vent avec une vîteſſe qui lui ſoit égale, le choc ſera zero: (587) que ſi la ſurface ſuit le cours du vent avec une vîteſſe plus grande que celle du vent, le choc ſera exprimé par le quarré de l'excès de la vîteſſe de la ſurface ſur celle du vent. (585)

844. Ce n'eſt que vers la fin du douzieme ſiecle, qu'on a commencé en Europe à ſe ſervir du vent pour faire tourner des meules. Au retour de la croiſade qui ſe fit en ce tems-là, l'invention des moulins à vent fut apportée d'Aſie; le manque d'eau qui ſe trouve dans preſque tout l'Orient, ayant contraint les habitans d'y avoir recours. Depuis, on s'eſt auſſi ſervi du vent pour faire aller d'autres machines, mais toujours conſtruites ſur le modele des moulins, que nous nous propoſons de détailler, afin de montrer à quoi ſe réduit leur point de perfection. *Origine des moulins à vent.*

Les machines les plus ingénieuſes ne ſont pas ce qu'on admire le plus; on eſt accoutumé de voir des moulins à vent, cela ſuffit pour qu'on n'y apperçoive rien de merveilleux: mais quand on les examine ſérieuſement, on eſt étonné d'y rencontrer un méchaniſme beaucoup plus ſubtil qu'on ne ſe l'étoit imaginé. PLAN. I. FIG. 5.

845. Ceux qui ont été les premiers inventeurs des moulins à vent, ſe ſont apperçus qu'il falloit que l'axe AB, c'eſt-à-dire, l'arbre auquel ſont attachées les aîles, fût préciſément dans la direction du vent, & en cela ils ſe ſont rencontrés avec la théorie la plus exacte, *L'axe d'un moulin à vent doit être ſitué dans la direction du vent.*

comme M. *Parent* l'a démontré dans le ſecond volume de ſes *Recherches de Mathématique & de Phyſique*, imprimées en 1713, page 530; mais ſi la pratique en cette occaſion a prévenu la théorie, en récompenſe nous allons faire voir que les aîles des mêmes moulins ſont bien éloignées d'avoir toute la perfection qu'on pourroit leur donner.

Les aîles d'un moulin, pour tourner, doivent recevoir obliquement l'impreſſion du vent.

846. L'axe d'un moulin étant dans la diſpoſition que nous venons de dire, il eſt viſible que ſi les ſurfaces des quatre aîles, comme CDEF étoient perpendiculaires ſur le même axe AB, elles ſeroient auſſi choquées perpendiculairement par le vent, & cette impreſſion tendroit à renverſer le moulin, & non à le faire agir: ce qui fait voir la néceſſité de rendre les aîles obliques à l'axe. Ainſi, ne conſidérant qu'une aîle, l'impreſſion oblique qu'elle reçoit du vent, ſelon la théorie des mouvemens compoſés, ſe réduit à une direction perpendiculaire. Cette direction, qui ne peut être entiérement ſuivie par l'aîle, eſt compoſée de deux autres, dont l'une tend à faire tourner l'axe, & l'autre à le renverſer de devant en arriere; mais il n'y a que la premiere direction qui peut être ſuivie: par conſéquent tout l'effort du vent ſur cette aîle, n'a d'autre effet que de la faire tourner d'un côté ou de l'autre, ſelon que l'angle aigu qu'elle forme avec l'axe, regarde la gauche ou la droite. La queſtion ſe réduit donc à ſavoir quelle doit être l'obliquité des aîles par rapport à l'axe, ou, ſi l'on veut, l'ouverture de l'angle que les aîles & l'axe doivent former, pour que les mêmes aîles reçoivent la plus grande impreſſion qu'il eſt poſſible.

PLAN. I. Je fais abſtraction des moulins à vent pour un moment, afin de nous attacher à la ſeconde figure de la planche premiere, qui nous menera à ce que nous cherchons Pour cela, je ſuppoſe que la ligne RS, repréſente un eſſieu qui peut tourner horizontalement autour des points P, S; que ſur cet eſſieu on a attaché obliquement à l'endroit G, milieu de la ligne AB, une ſurface rectangulaire ACDB, tellement ſituée, que ſon centre de gravité F ſe trouve dans le milieu de la ligne EG, perpendiculaire à l'eſſieu; ainſi la ſurface & l'eſſieu feront un angle aigu AGP. Nous ſuppoſerons auſſi qu'un fluide comme le vent, par exemple, vient ſelon les paralleles OA, PG, QB, choquer cette ſurface avec la liberté de ſe réfléchir.

Prenant la ligne KG pour exprimer la force totale de l'impulſion du vent, cette ligne étant oblique à la baſe AB, j'abaiſſe la perpendiculaire KM, qui exprimera l'action du fluide ſur la ſurface: je diviſe derechef l'impulſion KH, dans les deux autres KM & MH, la premiere parallele, & la ſeconde perpendiculaire à l'axe

PS; ainſi HM exprimera ſeule l'action du fluide pour faire tourner la ſurface autour de l'axe.

Maniere de trouver l'angle que chaque aile doit faire avec l'axe.

847. Pour trouver l'angle AGP, que la ſurface & l'eſſieu doivent former, afin que la force latérale HM du fluide qui agit pour faire tourner la ſurface, ſoit la plus grande qu'il eſt poſſible, nous ferons abſtraction de cette ſurface, auſſi-bien que de la longueur du bras de levier GF, pour n'avoir égard qu'aux lignes qui nous ſont néceſſaires, afin de rendre le calcul plus ſimple; nous nommerons AG, a; KG, b; & RG, x; à cauſe du triangle rectangle AGR, on aura $AR = \sqrt{aa - xx}$. Pour venir à la connoiſſance de la ligne KH, & enſuite de HM, je conſidère que les triangles ſemblables AGR & KHG, donnent AG (a), AR ($\sqrt{aa-xx}$) :: KG (b), KH ($\frac{b}{a}\sqrt{aa-xx}$). De même, à cauſe des triangles ſemblables AGR & KHM, on aura AG (a), GR (x) :: KH ($\frac{b}{a}\sqrt{aa-xx}$), HM ($\frac{bx}{aa}\sqrt{aa-xx}$); par conſéquent HM ($\frac{bx}{aa}\sqrt{aa-xx}$) ſera l'expreſſion de la force latérale du fluide, qu'il faut multiplier par AI, ($2\sqrt{aa-xx}$) c'eſt-à-dire, par la largeur réduite de la ſurface, qui donne $\frac{2aabx - 2bx^3}{aa}$ qui doit être un *maximum*. Car il ne ſuffit pas que l'impreſſion latérale HM du vent ſoit la plus grande qu'il eſt poſſible; il faut auſſi que la ligne AI, qui exprime la largeur de la ſurface réduite, ou, ſi l'on veut, la largeur de la colonne d'air qui doit la choquer, ſoit auſſi la plus grande qu'il eſt poſſible; parce qu'alors il réſultera que le produit de HM par AI, ſera le plus grand de tous ceux qui pourroient naître de ces deux lignes, en rendant l'angle AGP plus ouvert ou plus aigu. Il n'y a donc qu'un ſeul angle qui puiſſe répondre au plus grand effet; ainſi prenant la différentielle de $\frac{2baax - 2bx^3}{aa}$ ſuivant la méthode ordinaire, on aura $\frac{2baadx - 6bx^2dx = 0}{aa}$; après la réduction, $aa - 3xx = 0$, ou bien $\sqrt{\frac{aa}{3}} = x$; ce qui fait voir que le quarré du côté RG, doit être le tiers de celui de l'hypothenuſe AG.

Pour avoir l'angle que nous cherchons dans toute la préciſion géométrique, je décris un demi-cercle ARG, je diviſe le diametre AG en trois parties égales; au point B, qui répond au tiers BG, j'éleve la perpendiculaire BR, & je tire la ligne RG, qui donne

l'angle RGA, que la ſurface doit former avec l'eſſieu ; car ſi l'on nomme AG, a ; BG ſera $\frac{a}{3}$; on aura AG $(a) \times$ BG $\left(\frac{a}{3}\right) = \overline{RG}^2 \left(\frac{aa}{3}\right)$. Si l'on ſuppoſe le diametre AG de 120 parties, on trouvera que le côté RG, du triangle ARG, en contient à peu près 69 ; connoiſſant dans ce triangle les deux côtés AG & GR, on trouvera, par les tables des ſinus, que l'angle RGA eſt de 54 degrés 54 minutes, c'eſt-à-dire, à peu près de 55 degrés.

Comme ce qu'on vient de voir peut s'appliquer à chacune des aîles d'un moulin, il s'enſuit qu'afin que ces mêmes aîles reçoivent de la part du vent la plus grande impulſion qu'il eſt poſſible, il faut qu'elles faſſent un angle de 55 degrés, avec l'axe auquel elles ſont attachées.

Ayant vu qu'il falloit multiplier HM $\left(\frac{bx}{aa}\sqrt{aa-xx}\right)$ par AI

PLAN. 3. FIG. 2. $\left(2\sqrt{aa-xx}\right)$, & venant de trouver $x = \sqrt{\frac{aa}{3}}$ pour le plus grand effet, ſubſtituant la valeur de x dans les expreſſions précédentes, on aura $\frac{b}{aa}\sqrt{\frac{aa}{3}} \times \sqrt{\frac{2aa}{3}} \times \sqrt{\frac{2aa}{3}} = \frac{2b}{3}\sqrt{\frac{aa}{3}}$, ou $\sqrt{\frac{4aabb}{27}} = \frac{4}{27} \times ab$. Or ſi l'on multiplie le numérateur & le dénominateur de la fraction $\frac{4}{27}$ par 10000, pour en extraire la racine plus exactement, il viendra $\frac{200}{519}$, qui peut ſe réduire à $\frac{5}{13}$; ainſi l'on aura $\frac{5}{13}\,ab$, qui montre que la force latérale n'eſt que les $\frac{5}{13}$ de la force abſolue.

La force relative du vent ſur les aîles, lorſqu'elles ſont avec l'axe un angle de 55 degrés, n'eſt qu'environ les $\frac{5}{13}$ de la force abſolue du même vent.

848. On pourra donc à l'avenir, dans le calcul des machines mues par le vent, chercher la force abſolue du vent & en prendre les $\frac{5}{13}$; ou bien l'on peut prendre les $\frac{5}{13}$ de la ſurface entiere des aîles, qu'on multipliera par la force abſolue du vent ; le produit donnera la puiſſance motrice, ce qui devient un abrégé fort commode dans la pratique, comme on en va juger par un exemple.

Maniere de faire le calcul de l'action du vent ſur les aîles d'un moulin ordinaire.

849. Pour faire voir préſentement de quelle maniere on peut calculer l'action du vent contre les aîles d'un moulin ordinaire, il faut être prévenu qu'elles ont 30 pieds de longueur ſur 6 de largeur, & qu'il y a toujours une diſtance de 5 pieds entre l'extrémité CF des toiles & le centre B de l'axe, parce qu'elles ne ſont jamais tendues juſques-là ; ainſi il ſe trouve 20 pieds de diſtance du centre de gravité G de chaque aîle, au centre B de l'axe ; ce qu'il importe de ſavoir, puiſque cette longueur de 20 pieds eſt

le bras du levier par lequel agit l'action du vent, que l'on doit regarder comme réuni au centre de gravité des aîles.

Chaque aîle ayant 6 pieds de largeur sur 30 de hauteur, la superficie sera de 180 pieds quarrés, qui étant réduits, en la multipliant par $\frac{5}{13}$, (848) donnent $64\frac{1}{4}$; ce produit étant multiplié par 4, il vient 257 pieds quarrés. Présentement, si l'on suppose que ces quatre aîles reçoivent l'impression d'un vent dont la vîtesse seroit de 18 pieds par seconde, il faut, pour en mesurer le choc, diviser le quarré de 18, qui est 324, par 576, on aura $\frac{324}{576}$ pour le quarré de la vîtesse d'un courant d'eau, dont l'impression sera égale à celle d'un vent de 18 pieds de vîtesse. Ainsi multipliant le dénominateur de cette fraction par 60 (602), & le dénominateur par 70 (601), on aura $\frac{628236}{3456} = 182$ livres, pour l'impression latérale du vent contre les quatre aîles du moulin, qu'on doit considérer comme une puissance appliquée à l'extrémité d'un bras de levier de 20 pieds de longueur.

Le rouet qui tourne avec l'axe du moulin, & qui répond à la lanterne de la meule, ayant ordinairement un rayon de 4 pieds, qui est le bras de levier qui répond à la puissance résistante; on aura cette proportion, comme 4 pieds, demi-diametre du rouet, est à 20 pieds, distance du centre de l'axe au centre de gravité des aîles; ainsi 182 livres est à l'action du vent contre les fuseaux de la lanterne, qu'on trouvera de 910 livres.

Voyez l'intérieur du moulin à vent exprimé par la troisieme figure de la planche huitieme du premier Chapitre du second Livre, ou la planche 26 du premier volume.

Il sera aisé présentement, en tenant compte des frottemens, de faire à l'égard des moulins à vent, tous les calculs que nous avons rapporté au sujet des moulins à eau dans le premier chapitre du second livre, soit qu'on se serve de l'action du vent pour moudre du bled, ou pour pulvériser des écorces d'arbre pour les Taneurs, ou pour faire agir les pilons de moulins à huile, à papier ou à sucre. Il est vrai que l'estimation de la force motrice changera selon que le vent augmentera ou diminuera, mais on pourra toujours connoître son effet en mesurant sa vîtesse actuelle; parce qu'alors son effet changera dans la raison des quarrés des vîtesses.

Le rouet des moulins à vent ayant 48 dents & la lanterne 10 fuseaux, comme aux moulins à eau, l'on voit que chaque tour du rouet ou des aîles, en fait faire près de 5 à la meule, & qu'ainsi les aîles ne doivent faire qu'un tour en 5 secondes, pour que la meule en fasse un par seconde, qui est la vîtesse qui lui convient

le mieux pour l'uſage, comme nous l'avons dit ailleurs, (638) c'eſt pourquoi, lorſque le vent eſt trop violent, on ne tend qu'une partie des toiles pour réduire les aîles à cette vîteſſe.

Remarque ſur l'importance de faire que les ailes d'un moulin forment avec l'axe un angle de 55 degrés.

850. Quand on a trop de vent, on peut bien en ménager la quantité néceſſaire, mais lorſqu'il n'agit que foiblement, la plûpart des moulins ne travaillent pas, ce qui vient ſouvent de la mauvaiſe diſpoſition des aîles, qui font toujours un angle trop ouvert avec l'eſſieu, cet angle n'ayant été déterminé que par hazard. Cependant il eſt plus de conſéquence qu'on ne penſe de le faire exactement de 55 degrés, & non pas de 72, comme autour de Paris; car ayant calculé combien l'action d'un vent quelconque étoit moindre ſur des aîles qui feroient avec l'axe un angle tel que ce dernier, que ſur celles qui ſeroient conformes à la théorie précédente, j'ai trouvé que la différence étoit de $\frac{1}{7}$; c'eſt-à-dire, qu'ayant deux moulins ſemblables en tout, excepté dans la ſeule circonſtance dont je parle, expoſés au même vent; ſi celui dont les aîles font avec l'axe un angle de 55 degrés, eſt capable d'un effort de 7 ſur les fuſeaux de la lanterne, celui dont les aîles feroient avec l'axe un angle de 72 degrés ne ſera capable que d'un effort de 5; de ſorte que l'un des moulins pourroit agir fort rondement avec un certain vent, tandis que l'autre ſeroit dans l'inaction.

Examen de la figure la plus avantageuſe qu'on pourroit donner aux ailes des moulins à vent.

851. Ce défaut n'eſt pas le ſeul qui ſe rencontre dans les moulins à vent: juſqu'ici l'uſage a autoriſé les aîles rectangulaires, ſans penſer ſi on n'en pourroit pas faire d'une autre figure capable d'un plus grand effet avec le même vent; il eſt cependant bien ſûr que les aîles ordinaires ne ſont pas les meilleures, & pour en être convaincu, il ne faut que ſuivre le raiſonnement que voici.

L'effet du moulin dépendant de l'impreſſion du vent, cette impreſſion ſera d'autant plus grande que la ſurface des aîles ſera plus étenduc; ne les conſidérons d'abord que de la grandeur qu'on a coutume de les faire, c'eſt-à-dire, de 30 pieds de longueur ſur 6 de largeur: ſelon cette proportion la largeur ſe trouve la cinquieme partie de la longueur, mais quelle certitude a-t'on que ce ſoit la figure & la proportion qui convient le mieux? D'ailleurs a-t'on quelque raiſon de mettre la petite dimenſion du côté de l'axe plutôt que la grande? Si l'on y prend garde, on verra qu'on a juſtement pris le parti le plus déſavantageux, puiſque, pour bien faire, les aîles devroient être diſpoſées d'un ſens oppoſé; j'entends que la plus grande dimenſion devroit être du côté de l'axe. Car comme la longueur du bras de levier eſt exprimée par la diſtance du centre de l'axe au centre de gravité de chaque aîle, plus le centre

centre de gravité ſera éloigné de celui de l'axe, & plus l'action du vent aura d'avantage. Mais nous avons vu ci-devant (849), que le centre de l'axe étoit éloigné de 20 pieds du centre de gravité des toiles, & que l'extrémité des aîles étoit éloignée de 35 pieds du centre de l'axe; or ſi l'on change la diſpoſition du rectangle formé par les toiles, & que la baſe de 30 pieds ſoit toujours éloignée de 35 pieds de l'axe, comme l'eſt ordinairement celle qui n'eſt que de 6 pieds; alors le centre de gravité ſera éloigné de 32 pieds du centre de l'axe, & par conſéquent le bras de levier par lequel agira le vent, au lieu de 20 pieds en aura 32. Cependant comme, ſelon cette diſpoſition, il y auroit 29 pieds de diſtance depuis les aîles juſqu'au centre de l'axe où le vent ne feroit point d'effet, à cauſe que nous n'y ſuppoſons point de toiles tendues; M. *Parent*, pour ne point laiſſer de vuide inutile, propoſe de faire des aîles de la figure d'un ſecteur d'ellipſe; ou bien que faiſant les aîles rectangulaires, leur largeur fût double de leur hauteur, qui eſt le plus grand parallélogramme qui pourroit être inſcrit dans un ſecteur d'ellipſe, tel que celui qu'il a trouvé. Mais des aîles elliptiques paroîtroient ſi extraordinaires qu'on n'oſeroit ſe flatter que l'uſage les adoptât quoique les plus avantageuſes de toutes, non plus que les rectangulaires diſpoſées du ſens que je viens de dire. Il eſt vrai que ces dernieres ayant une figure moins recherchée, ſeroient peut-être reçues plus volontiers; mais en leur donnant beaucoup de largeur, elles ſeroient ſujettes à un inconvénient dans la pratique, qui eſt que devant former un angle de 55 degrés avec l'axe, une de leurs extrémités ne manqueroit pas, à cauſe de cette obliquité, de rencontrer le corps du moulin, contre lequel elle ſe briſeroit; à moins qu'on ne fît ſaillir l'axe autant qu'il le faudroit, pour que les aîles puſſent tourner librement.

Pour qu'un moulin faſſe le plus grand effet, il faut que la viteſſe des aîles, priſe à leur centre de gravité, ſoit le tiers de celle du vent.

Cependant il eſt à remarquer que dans les moulins, comme aux autres machines, on retombe toujours dans le cas de la loi générale des méchaniques, de ne pouvoir augmenter l'action de la puiſſance ſans augmenter auſſi le tems qu'elle doit employer pour produire un certain effet. Par exemple, ici en éloignant le plus que l'on peut le centre de gravité des aîles du centre de l'axe, on alonge à la vérité le bras du levier, ce qui ſoulage beaucoup la puiſſance, mais en récompenſe les aîles ne tourneront point ſi vîte, que ſi le levier étoit plus court. Or comme ce n'eſt point abſolument de la plus grande vîteſſe des aîles que dépend le plus grand effet du moulin, mais bien de la plus grande quantité de grain qu'il pourra moudre à la fois, par conſéquent de la force des aîles pour faire

tourner la meule ; que d'ailleurs cette vîteſſe de la meule doit êtte limitée, on gagnera beaucoup plus à proportion, en augmentant l'action de la puiſſance qu'on ne perdra par la diminution de la vîteſſe des aîles. On ſait que pour qu'une machine miſe en mouvement par l'eau faſſe le plus grand effet qu'il eſt poſſible, il faut que la vîteſſe de la roue ſoit le tiers de celle du courant qui la fait tourner (588) ; comme il en eſt de même pour toutes celles qui ſont mues par un fluide, il ſuit qu'un moulin à vent ſera auſſi capable du plus grand effet, lorſque la vîteſſe des aîles ſera le tiers de celle du vent. Or comme cette vîteſſe des aîles doit être meſurée par la circonférence que décrit le centre de gravité des mêmes aîles, c'eſt-à-dire, du cercle qui auroit pour rayon le bras de levier à l'extrémité duquel on ſuppoſe l'action du vent réunie : ſi ce rayon a 28 pieds de longueur, ſa circonférence en aura 88, qui eſt la meſure du chemin des aîles dans chaque révolution. Ainſi il faudroit, pour que la machine fût dans toute ſa perfection, que le vent fît 264 pieds de chemin, tandis que les aîles feroient un tour.

Deſcription d'un moulin dont les aîles tournent horizontalement.

852. L'obliquité qu'on eſt obligé de donner aux aîles des moulins étant cauſe qu'il s'en faut beaucoup que le vent n'agiſſe avec ſa force abſolue, l'on a cherché à profiter de toute ſa force, en faiſant tourner les aîles horizontalement, comme on en peut juger par l'exemple que j'en rapporte ſur la planche 2.

PLAN 2. FIG. 7 & 8.

Les aîles ſont au nombre de 6, marquées par les lettres B, C, D, E, F, G, au plan d'une cage de charpente, dont l'élévation HI eſt au-deſſous ; cette cage eſt placée au ſommet d'une tour L, qui comprend le corps du moulin & peut tourner indépendamment des aîles, leſquelles ſont formées par des chaſſis revêtus de toile & aſſemblés dans l'arbre tournant A qui répond à la meule ſupérieure ; car on peut ſe paſſer ici de rouet & de lanterne.

L'objet de la cage eſt de n'expoſer au vent que les aîles qui en doivent être choquées, & de mettre les autres à l'abri ; pour cet effet, elle n'eſt revêtue d'ais fort minces que ſur une partie IOH. J'ai lu dans le Recueil des machines approuvées par l'Académie royale des Sciences, qu'en Portugal & en Pologne, les moulins dans le goût de celui-ci étoient fort en uſage.

853. Les formules étant très-commodes pour exprimer d'une maniere générale toutes les grandeurs qui entrent dans les rapports, en voici deux par le moyen deſquelles on pourra connoître exactement tout ce que l'on peut eſpérer des machines mues par le vent.

Formules générales pour calculer l'effet de toutes les machines mues par le vent.

Nommant a, la vîteſſe du vent, & ff, la ſurface choquée, priſe ſans aucune réduction, on aura $\frac{aa}{576}$ pour l'expreſſion du quarré de la vîteſſe d'un courant dont le choc ſera égal à celui du vent, (840) qui étant multiplié par 70, & le produit diviſé par 60, donnera $\frac{aa}{576} \times \frac{7}{6}$ pour la hauteur de la colonne d'eau dont le poids ſera égal au choc direct ſur une ſurface d'un pied quarré; (602) par conſéquent $\frac{aaff}{576} \times \frac{7}{6}$ exprimera le même choc contre une ſurface quelconque directement oppoſée. Comme il faut multiplier cette expreſſion par $\frac{5}{13}$, lorſqu'il s'agira d'une machine dont les aîles feront avec l'axe un angle de 55 degrés, (848) il viendra, après la réduction, $\frac{aaff}{1283}$ pour la premiere formule; ce qui montre que *l'on aura tout d'un coup l'impreſſion du vent exprimée en livres, en multipliant le quarré de ſa viteſſe, conſidérée pendant une ſeconde, par la ſurface entiere, c'eſt-à-dire, par celle que comprennent les quatre aîles ſans réduction, & en diviſant le produit par* 1283; après quoi il ſera aiſé, en conſidérant le méchaniſme qui regne dans la machine, d'avoir égard aux différens bras de levier qui doivent répondre à la puiſſance qu'on aura trouvée à l'aide de la formule, & à ceux qui doivent répondre au poids, dans l'état d'équilibre, qu'il faudra réduire aux $\frac{4}{9}$ pour le plus grand effet. (589, 595)

854. Si l'on multiplie la formule précédente par $\frac{4}{9}$, on aura $\frac{aaff}{2888}$, qui eſt une ſeconde formule, par le moyen de laquelle on trouvera tout d'un coup la force reſpective du vent dans le cas du plus grand effet, ſans être obligé de faire aucune réduction; *c'eſt-à-dire, qu'après avoir multiplié la ſurface des aîles exprimées en pieds par le quarré de la viteſſe du vent, & diviſé le produit par* 2888, *le quotient donnera la valeur en livres de la puiſſance réduite*, qui ſervira à trouver le poids qui lui convient pour le plus grand effet, dès qu'on connoîtra les bras de leviers qui répondent à l'un & à l'autre; alors les aîles prendront d'elles-mêmes une vîteſſe qui ſera le tiers de celle du vent.

Nommant P, la puiſſance modifiée comme il convient pour le plus grand effet, on aura $P = \frac{aaff}{2888}$ qui peut ſervir à trouver la ſuperficie des aîles, dès qu'on connoîtra la puiſſance réduite & la vîteſſe du vent, ou à trouver la vîteſſe du vent, quand on con

noîtra la ſuperficie des aîles & la puiſſance, puiſque pour le premier cas, on aura $\frac{2888 \times P}{aa} = ff$, & pour le ſecond $\sqrt{\frac{2888 \times P}{ff}} = a$.

855. Que ſi l'on nomme Q, le poids qui convient pour le plus grand effet, & u, ſa vîteſſe ; $\frac{a}{3}$ ſera celle des aîles de la machine, priſes à leur centre de gravité ; alors on aura $\frac{a}{3} \times P = u \times Q$, qui eſt encore une formule générale par le moyen de laquelle on trouvera celui des quatre termes qui ſeroit ignoré, & même la ſuperficie des aîles, que l'on y fera entrer en ſubſtituant $\frac{aaff}{2888}$ à la place de P, ou $\frac{1}{3}\sqrt{\frac{2888 \times P}{ff}}$ à la place de $\frac{a}{3}$.

Pour appliquer la premiere formule $\frac{aaff}{1283}$ à un exemple, nous ſuppoſerons qu'il s'agit de calculer l'impreſſion latérale du vent contre les aîles du moulin dont il a été fait mention dans l'article 849, & que l'on a encore $a = 18$, ou $aa = 324$, & $ff = 720$; d'où l'on tire $\frac{324 \times 720}{1283} = 182$ livres, qui eſt le même nombre que nous avons trouvé dans cet article.

Deſcription d'une machine mue par le vent, ſervant à deſſécher un terrein aquatique.

PLAN. 1. FIG. 1.

856. Si l'on conſidere la premiere figure de la planche premiere, on verra qu'elle repréſente un moulin qui tourne à tout vent, & s'y dirige de lui-même par le moyen de la girouette A, compoſée d'ais fort minces ; l'arbre B eſt fixe & bien affermi dans les terres, tout le reſte de l'aſſemblage eſt mobile & tourne avec la girouette. Quant à l'arbre incliné ED, il tourne avec les aîles, de même que la roue à godets D qui eſt aſſemblée à cet arbre. On fait un foſſé circulaire pour ramaſſer l'eau qu'on veut épuiſer, ce qui ſe pratique ordinairement dans un terrein aquatique pour le deſſécher ; car on voit que le bas de la roue trempe dans l'eau, & tourne aiſément ſans toucher aux terres. Par ce moyen l'eau du foſſé ſera élevée dans une rigole auſſi circulaire, dont l'arbre B eſt le centre, pour être conduite où l'on voudra ; cette machine n'éleve l'eau qu'à 6 ou 7 pieds au plus, mais en récompenſe elle en épuiſe une grande quantité, pour peu que le vent la favoriſe.

Les prairies de Hollande ſont peuplées de ces ſortes de machines, on en rencontre à chaque pas ; mais la roue qui puiſe l'eau eſt différente de celle-ci, n'étant compoſée que d'un nombre de rayons, comme dans la quatrieme figure. Ces rayons ſont des

eſpeces de palettes qui reſſemblent à des rames, un peu creuſes d'un côté en forme de cuillere; au lieu de porter l'eau en haut comme font les godets, elles la font jaillir dans la rigole; ce qui ſe fait avec tant de vîteſſe, qu'elles ne laiſſent pas d'en puiſer beaucoup en très-peu de tems.

857. L'angle EFB, que l'axe ED fait avec l'arbre B, eſt ordinairement de 60 degrés; ainſi l'angle IHK, que les aîles font avec la verticale, ſera de 30 degrés. D'où il ſuit que les toiles tendues depuis H juſqu'en K, ne reçoivent l'impreſſion du vent que ſelon une direction oblique à laquelle il faut avoir égard. Pour cet effet, conſidérez que le triangle rectangle HIK eſt la moitié d'un triangle équilatéral, dont le côté IH eſt la perpendiculaire: & comme le côté HK eſt ici de 7 pieds, prenant les trois quarts du quarré de ce nombre, c'eſt-à-dire, les trois quarts de 49, qui eſt $36\frac{3}{4}$, pour le quarré de la perpendiculaire; extrayant la racine quarrée de ce nombre, il viendra environ 6 pieds pour le côté IH.

Maniere de faire le calcul de l'action du vent ſur les aîles de cette machine.

Les toiles ayant 7 pieds de hauteur ſur 4 de largeur, la ſuperficie de chaque aîle ſera de 28; par conſéquent les quatre enſemble de $112 = ff$. Si l'on ſuppoſe qu'elles ſont choquées par un vent de 20 pieds de vîteſſe par ſeconde, multipliant le quarré de ce nombre, qui eſt $400 = aa$, par la ſuperficie précédente, & diviſant le produit par 2888, pour ſuivre ce qu'indique la formule $\frac{aaff}{2888}$ (854), il viendra $15\frac{1}{2}$ liv. pour l'impreſſion latérale du vent dans le cas du plus grand effet, en ſuppoſant que les aîles font avec l'axe un angle de 55 degrés, & que les mêmes aîles ſont verticales. Mais comme cette derniere circonſtance n'a pas lieu, il faudra donc faire une ſeconde réduction, & dire, en ſuivant l'article 583: comme HK (7) eſt à IH (6), ainſi $15\frac{1}{2}$ livres, eſt à la force réduite, qu'on trouvera de $13\frac{3}{7}$ livres.

858. La longueur RH des aîles, priſe depuis le centre R de l'axe juſqu'à l'extrémité H, ſe trouve ici de 10 pieds, d'où retranchant 3 pieds 6 pouces pour la diſtance HS, il reſtera $6\frac{1}{2}$ pieds pour la longueur du bras de levier de la puiſſance. D'autre part le rayon de la roue D, pris depuis le centre de l'eſſieu juſqu'au centre de gravité d'un des godets, étant de 3 pieds, pourra être conſidéré comme un bras de levier à l'extrémité duquel eſt appliqué le poids, que l'on trouvera en diviſant le moment de la puiſſance, qui eſt $\frac{2}{14}\frac{9}{14}$, par le rayon de la roue, pour avoir $28\frac{13}{14}$ liv. Mais comme il s'agit d'élever l'eau par le moyen d'une roue dont les godets ſe touchent immédiatement ſur une demi-circonfé-

rence du cercle, & dont les bras de leviers doivent être exprimés par tous les ſinus du quart de cercle & non par le ſeul rayon; le poids de l'eau réuni à l'extrémité du rayon, ſera à celui de l'eau contenue dans les godets, comme la ſuperficie d'un quart de cercle eſt à celle du quarré de ſon rayon, ou comme 11 eſt à 14. (57, 58) Or ayant trouvé que la machine pouvoit élever à l'extrémité du rayon une colonne d'eau du poids de 28 $\frac{11}{14}$ livres; on dira donc, comme 11 eſt à 14, ainſi 28 $\frac{11}{14}$ liv. eſt à un quatrieme terme, qu'on trouvera d'environ 36 $\frac{3}{4}$ livres, pour le poids de l'eau que la roue élevera à chaque tour, dans le cas du plus grand effet, lorſqu'elle ſera miſe en action par un vent de 20 pieds de vîteſſe.

Autre calcul pour découvrir la quantité d'eau que la même machine épuiſera par heure.

859. Pour ſavoir combien cette machine épuiſera d'eau en une heure, il faut conſidérer que la roue & les aîles ayant un axe commun feront un égal nombre de tours dans le même tems; que la vîteſſe des aîles, priſe à leur centre de gravité, ſe trouvant le tiers de celle du vent, dans le cas du plus grand effet, elles ne feront que 6 pieds 8 pouces de chemin par ſeconde, qu'il faut multiplier par 3600 pour avoir leur vîteſſe par heure, qui ſera de 24000 pieds, leſquels étant diviſés par 40 $\frac{6}{7}$ pieds, qui eſt la circonférence que décrit le centre de gravité de chaque aîle dans une révolution, donnent 587 tours par heure, qu'il faut multiplier par 36 $\frac{3}{4}$ liv. d'eau; il vient 21572 livres, ou environ 308 pieds cubes, pour la quantité d'eau que cette machine épuiſera par heure, en faiſant abſtraction de ce qu'il s'en pourra perdre. Je ne dis rien du déchet que peut cauſer le frottement, qui eſt peu de choſe, n'ayant lieu qu'aux endroits O & P où l'arbre ED eſt ſoutenu: tous les calculs précédens ne devant être conſidérés que comme des exemples pour faire ſentir l'application des principes qui ſervent de fondement à ce chapitre.

J'oubliois de dire que pour qu'un tel moulin ſoit capable du plus grand effet, il faut ſur toutes choſes bien proportionner la grandeur des godets à la quantité d'eau qu'ils doivent puiſer, ſans quoi le plus ou le moins retarderoit ou augmenteroit la vîteſſe des aîles, & alors cette vîteſſe n'étant plus le tiers du vent, la machine ne feroit pas ce qu'on veut qu'elle faſſe.

Pour dire auſſi un mot de la girouette A, qui doit diriger le moulin au vent, il faut conſidérer qu'elle a 16 pieds 6 pouces de longueur, depuis le pivot L juſqu'à ſon extrémité R, & que la hauteur RS eſt de 6 pieds, ce qui donne une ſurface triangulaire de 49 $\frac{1}{2}$ pieds, ſans avoir égard au vuide qui eſt vers le pivot L, qu'on a laiſſé tel pour faire voir le chaſſis auquel ſont attachés les

aîs, mais qui doit être couvert dans l'exécution. Or ce triangle ayant 49 $\frac{1}{2}$ pieds de ſuperficie, préſentera au vent une ſurface beaucoup plus grande que celles que peuvent préſenter les aîles du moulin, priſes de côté, ainſi il faut de néceſſité que le fort l'emporte ſur le foible, d'autant plus que le bras de levier qui répond à la girouette eſt exprimé par l'intervalle LM, pris depuis le point d'appui L, juſqu'au centre de gravité M, qui ſe trouve de 11 pieds de longueur. (100) Moyennant toutes ces conſidérations, il ſera aiſé de calculer l'effort du vent ſur cette girouette.

Deſcription d'une pompe aſpirante, miſe en mouvement par l'action du vent.

PLAN. 1. FIG. 3.

860. La troiſieme figure repréſente une autre machine qui a un avantage ſur la précédente, pouvant élever l'eau beaucoup plus haut; c'eſt une pompe aſpirante dont le piſton agit par le moyen des aîles d'un moulin à vent & d'une manivelle. Comme le mouvement du piſton dépend de l'action des aîles, cette pompe élevera plus ou moins d'eau, ſelon la vîteſſe du vent & la grandeur du corps de pompe. Je ne m'arrêterai pas à en faire le calcul, je me contenterai de dire qu'elle ſe dirige d'elle-même au vent par le moyen d'une girouette, comme dans la précédente, n'y ayant que le chaſſis ABCD qui tourne avec la girouette & les aîles; le corps de pompe EF reſte immobile, étant bien arrêté par l'aſſemblage de charpente qui l'accompagne. Je crois qu'il n'eſt pas beſoin d'ajouter que quand l'eau eſt élevée à la hauteur de la gargouille I, qui peut être ſituée juſqu'à 30 pieds au-deſſus de la ſurface de l'eau, elle va ſe décharger dans une goutiere ou auge, pour être conduite à l'endroit où l'on veut, & que cette machine peut ſervir pour deſſecher un terrein aquatique, ou pour arroſer des jardins, y faire des jets d'eau, caſcades, &c.

Deſcription d'un moulin à vent pour deſſécher un terrein aquatique.

PLAN. 2. FIG. 4 & 5.

861. Voici un moulin à chapelet repréſenté par la quatrieme figure de la ſeconde planche, ſervant à épuiſer l'eau par l'action du vent, & qui peut être très-utile pour deſſecher un terrein aquatique. Il eſt compoſé d'un axe CD, auquel ſont attachées les aîles; cet axe tourne dans deux eſpeces de colets L & M, diſpoſés de façon qu'il ne touche point l'arbre immobile A, autour duquel tourne toute la machine pour être dirigée au vent par la girouette. C'eſt pourquoi ce moulin doit avoir autour de lui un foſſé circulaire BB, afin que de tout ſens le chapelet trempe dans l'eau: l'axe CD doit être percé depuis C juſqu'à ſon extrémité D, pour recevoir l'eau que le chapelet éleve & la conduire enſuite dans la girouette circulaire KK, qui eſt ſoutenue ſur des poteaux aſſemblés par des croix de ſaint André, afin que de quelque côté que le moulin ſoit ſitué, le tuyau D puiſſe verſer l'eau ſans perte. Pour empê-

cher que le tuyau F, qui reçoit l'eau de la goutiere pour la conduire où l'on ſouhaite, n'interrompe le mouvement des aîles du moulin, lorſqu'elles ſe trouveroient de ce côté-là, on a fait un ſiphon GF, afin que les aîles puiſſent paſſer librement. J'ajouterai que l'axe CD ſe trouvant plus chargé du côté C que du côté D, on pourra lui rendre l'équilibre en attachant des poids à l'extrémité de la girouette.

Comme le plus eſſentiel de la machine conſiſte à faire tomber l'eau des barrils dans le canal pratiqué au centre de l'arbre tournant CD, on a cru que pour plus d'intelligence, il convenoit de deſſiner en grand la lanterne qui porte le chapelet exprimé par la cinquieme figure. Nous ſuppoſerons qu'elle tourne du ſens que le marquent les fleches qui ſont à la circonférence; cela poſé, il faut être prévenu que la lanterne eſt diviſée en quatre cellules par des cloiſons de planches qui répondent à quatre ouvertures quarrées, comme *c* & *d*, pratiquées dans l'eſſieu à l'endroit de la lanterne. Au-dedans de chacune de ces ouvertures, il y a un petit clapet de fer ou de cuivre, qui s'ouvre & ſe ferme par ſon propre poids; par exemple, l'on ſent bien qu'à meſure que le chapelet tourne, chaque barril, lorſqu'il ſe trouve vers le ſommet de la lanterne, verſe ſon eau dans la cellule *abc* qui lui répond, & qu'alors le clapet *f* du trou *c* qui regarde cette cellule, ſe trouve ouvert pour donner paſſage à l'eau qui entre dans le tuyau. Un inſtant après, auſſi-tot que la lanterne a fait un demi tour, le trou qui étoit ouvert ſe trouve fermé par le propre poids du clapet, comme on le voit en *g*; mais comme il y en a quatre qui s'ouvrent & ſe ferment l'un après l'autre, l'eau en trouve toujours un ouvert pour lui donner entrée dans le tuyau, ce qui eſt aſſez bien exprimé par la figure, pour n'avoir pas beſoin d'une ſi longue explication.

Calcul du même moulin, eu égard à la viteſſe du vent, pour connoître le poids de l'eau qu'il peut élever.

862. Pour donner un nouvel exemple de la maniere de calculer les machines mues par le vent, je ſuppoſe que les toiles de chaque aîle s'étendent depuis O juſqu'en P, ſur la longueur de $8\frac{1}{2}$ pieds, & ſur 5 de largeur, ce qui donne $42\frac{1}{2}$ pieds quarrés pour la ſuperficie de chacune, & 170 pour les quatre enſemble; ainſi l'on aura $ff = 170$. Je ſuppoſe auſſi que la diſtance du centre R de l'axe au centre de gravité Q des aîles eſt de 6 pieds; & comme c'eſt du point Q qu'on doit meſurer la vîteſſe des aîles, il ſuit que le rayon de la lanterne étant le quart du bras de levier QR, le rapport de la vîteſſe de la puiſſance appliquée au point Q, ſera à celle du poids, comme 4 eſt à 1. Or, ſi l'on nomme *a*,

la

la vîteſſe du vent, $\frac{a}{3}$ exprimera celle de la puiſſance dans le cas du plus grand effet; par conſéquent $\frac{a}{12}$ pourra exprimer la vîteſſe du poids qui étant nommé x, & la puiſſance P, on aura $P \times \frac{a}{3} = x \times \frac{a}{12}$. Mais comme la formule de l'article 854 donne $P = \frac{aaff}{2888}$, ſubſtituant la valeur de P dans l'équation précédente, on aura $\frac{aaff}{2888} \times \frac{a}{3} = x \times \frac{a}{12}$, ou $\frac{aaff}{744} = x$, après la réduction; qui eſt une derniere équation ou formule, dans laquelle il ne s'agit plus que de connoître la vîteſſe du vent, pour juger de la peſanteur du poids que la machine élevera, dans le cas du plus grand effet & de la ſituation la plus avantageuſe des aîles par rapport à l'axe.

Ayant $ff = 170$, & ſuppoſant que la vîteſſe du vent ſoit de 16 pieds, on aura $aa = 256$; par conſéquent $\frac{256 \times 170}{744} = x = 55\frac{3}{4}$ liv. c'eſt-à-dire, que les barrillets du chapelet, pris d'un côté ſeulement, & qui ſont depuis la ſurface B de l'eau juſqu'au ſommet N de la lanterne, ne doivent comprendre enſemble qu'environ 56 livres d'eau pour en élever le plus qu'il eſt poſſible, avec le plus de vîteſſe.

Eſtimation de la quantité d'eau que ce moulin peut épuiſer par heure.

863. Il faut remarquer que plus la hauteur où l'on voudra élever l'eau ſera grande, & moins on en puiſera dans le même tems, parce que le chapelet ſera plus long; & comme il doit être aſſujetti à ne porter que la même quantité d'eau, les barrils ſe trouvant en plus grand nombre, il faudra que la lanterne faſſe auſſi plus de tours pour les vuider tous. Or, ſi l'on ſuppoſe qu'il s'agit d'élever l'eau à 15 pieds, & que la circonférence de la lanterne ſoit de 10 pieds, il faudra qu'elle faſſe un tour & demi, pour que tous les barrils qui ſont depuis B juſqu'en N, puiſſent ſe vuider dans le canal CD : pendant ce tems, la machine n'aura élevé que 56 liv. d'eau, ou, ce qui revient au même, $37\frac{1}{3}$ livres, à chaque tour de lanterne. Comme les aîles de la machine & la lanterne tournent en même tems, on pourra eſtimer la quantité d'eau que le chapelet puiſera en une heure, dès qu'on ſaura le nombre de tours que les aîles feront pendant ce tems; car le centre de gravité Q, étant éloigné de 6 pieds du centre R de l'axe, décrira à chaque tour une circonférence d'environ 19 pieds; & la vîteſſe des aîles ne devant être que le tiers de celle du vent, le point Q ne parcourera que 5

pieds 4 pouces par ſeconde ; il lui faudra donc un peu plus de trois ſecondes & demie pour décrire une circonférence entiere, mais nous ſuppoſerons que ce tems ſuffit, afin d'éviter l'embarras du calcul. Cela étant, les aîles feront 17 tours & $\frac{1}{2}$ en une minute, & à peu près 1050 en une heure. Mais nous ſavons qu'à chaque tour de lanterne, le chapelet doit élever $37\frac{1}{3}$ liv. d'eau ; multipliant ce nombre par 1050, on aura 39375, qui étant diviſés par 70, donnent environ 563 pieds cubes, pour la plus grande quantité d'eau que cette machine élevera en une heure, à la hauteur de 15 pieds, par un vent de 16 pieds de vîteſſe par ſeconde.

La grandeur des barillets du chapelet doit être proportionnée à la hauteur où il faudra élever l'eau

Après avoir trouvé l'eau qui peut être contenue dans les barrils depuis B juſqu'en N, il faut proportionner la grandeur de ces barrils à leur nombre, afin que chacun ne contienne à peu près que la quantité qu'il doit élever ; car s'il en contenoit davantage, la machine iroit plus lentement, & la diminution de vîteſſe n'étant point compenſée par une quantité d'eau proportionnée à la perte du tems, la machine ne ſeroit plus capable du plus grand effet. En un mot, il arriveroit tout ce que nous avons dit des machines mues par l'eau, puiſque ceci n'eſt qu'une ſuite du premier volume, articles 589, 595 : car qu'une machine ſoit miſe en mouvement par l'eau ou par le vent, elle ne pourra jamais élever, dans l'état de perfection, que les $\frac{4}{9}$ de ſon poids d'équilibre.

Deſcription d'une machine pour arroſer un terrein aride.

PLAN. 3.

864. Voici encore un moulin dans le goût des précédens, pour arroſer un terrein aride, qui eſt aſſez bien imaginé. La ſeconde figure eſt le plan du fond d'un puits creuſé à une profondeur convenable pour recevoir les eaux d'un ruiſſeau ou d'une riviere, c'eſt pourquoi il répond à un foſſé de communication par le petit aqueduc AB. La premiere figure exprime le profil du puits & celui de la machine dont il s'agit, le ſeuil C, ſert à loger une crapaudine, dans laquelle tourne un pivot attaché à la ſemelle D, d'un chaſſis DEE, compoſé de deux montans E, aſſemblés avec les entretoiſes G. Ces montans vont aboutir à un cylindre de bois F, qui tourne dans un collier HI ; ce collier eſt ſoutenu & aſſemblé avec huit pieces K, qui ſont enmortoiſées dans une ſemelle circulaire LM, poſée ſur le bord du puits, que l'on ne peut bien diſtinguer que dans la quatrieme figure. Cette charpente, qui ſert à ſoutenir le ſommet de la machine, eſt immobile, mais non pas le chaſſis DEE, qui tourne en tout ſens au gré du vent, à l'aide d'une girouette dont la queue ON, eſt faite d'une piece de 4 pouces d'épaiſſeur, ſur 12 de largeur, depuis N juſqu'en P, poſée à plat ;

la partie PO eſt beaucoup plus légere que l'autre NP, celle-ci ayant beſoin d'une certaine force pour être liée avec le cylindre F. Cette piece eſt traverſée par les tenons R des poupées Q, retenues avec des clefs ; ces poupées ſervent à porter l'arbre ST, auquel ſont attachées les aîles U ; ainſi l'on voit que quand le vent frappe ſur la girouette, le chaſſis DEE & l'arbre du moulin tournent pour ſe mettre dans ſa direction.

Au milieu de l'arbre eſt une molette X, ayant deux cannelures paralleles, ſervant à loger deux cordes ou deux chaînes ſans fin, qui paſſent au travers de la piece NP & du cylindre, l'une & l'autre étant percés d'un trou : ces cordes ſoutiennent en l'air un tambour *ab*, qui porte un chapelet dont voici l'effet.

Quand l'arbre ST fait tourner la molette X, il fait tourner en même tems le tambour *ab*, par conſéquent le chapelet qui puiſe l'eau pour la porter en haut & la répandre dans le corps du tambour, dont la conſtruction eſt repréſentée par les figures 9, 10, 11 & 12 : la 11e en eſt l'élévation vue en face ; la 10e un profil pris le long de l'axe ; la 9e & 12e ſont deux autres profils coupés perpendiculairement au même axe. Par ces développemens, on voit que le tambour eſt compoſé de deux molettes C, D, percées diamétralement d'un trou E, & jointes enſemble par huit ais comme F, formant autant de cellules ſans fond, qui vont ſe terminer à la circonférence du trou E, au travers duquel paſſe un petit canal de cuivre GH, exprimé par les figures 6 & 8, qui en font voir le plan & le profil. Ce canal, qui ſert comme d'eſſieu au tambour, eſt arrêté à demeure avec les montans E du chaſſis DEE, qu'il traverſe, comme les figures 14 & 16 le font voir. Le tambour ſe place dans l'intervalle CD des figures 6 & 8, & tourne autour du canal GH, ſans preſque le toucher, parce qu'il eſt ſuſpendu aux cordes dont nous venons de parler.

Les extrémités G & H du canal répondent, dans la 4e figure, à une rigole Q, creuſée dans la pierre qui couronne le puits ; ainſi l'on voit que le chapelet, en tournant, répand ſon eau dans le canal, que cette eau de-là paſſe dans la rigole, & qu'elle coule enſuite dans une gargouille ST, pour être conduite où l'on veut.

La troiſieme & la cinquieme figures ſont deux élévations différentes de ce moulin, l'une en face & l'autre de côté, avec le profil du foſſé où ſe raſſemble l'eau, & ſon entrée dans le puits ; enfin la 7e figure eſt une repréſentation du petit toit qui couvre l'arbre du moulin & qui tourne avec lui. Quant à la 15e figure, elle marque

l'assemblage des pieces qui composent le collier HI, désigné dans la 5e & la 7e. Je ne dis rien de la 13e figure, qui est un bout de chapelet dont il est aisé de s'imaginer la construction. Je n'ai pas cru qu'il fût nécessaire de calculer l'effet de cette machine, le grand nombre des exemples de même espece ne faisant qu'enfler un livre mal à propos.

Fig. 1.re

Echelle pour la premiere figure.

1 2 3 4 5 6 12 18 Pieds.

Moulin a vent pour Epuiser l'eau ou pour deseicher des Marais.

Aile ou volant

Fig. 2.e

Echelle de la 3.e et 5.e figure.

1 2 3 4 5 10 15 Pieds.

Fig. 3.e

Dessein d'une machine pour Elever l'Eau par le moyent du vent.

Fig. 4.e

Goutiere pour la conduitte de l'Eau.

Fig. 5.e

Elevation d'un Moulin a vent, pour faire voir l'angle que les Ailes doivent former avec laxe.

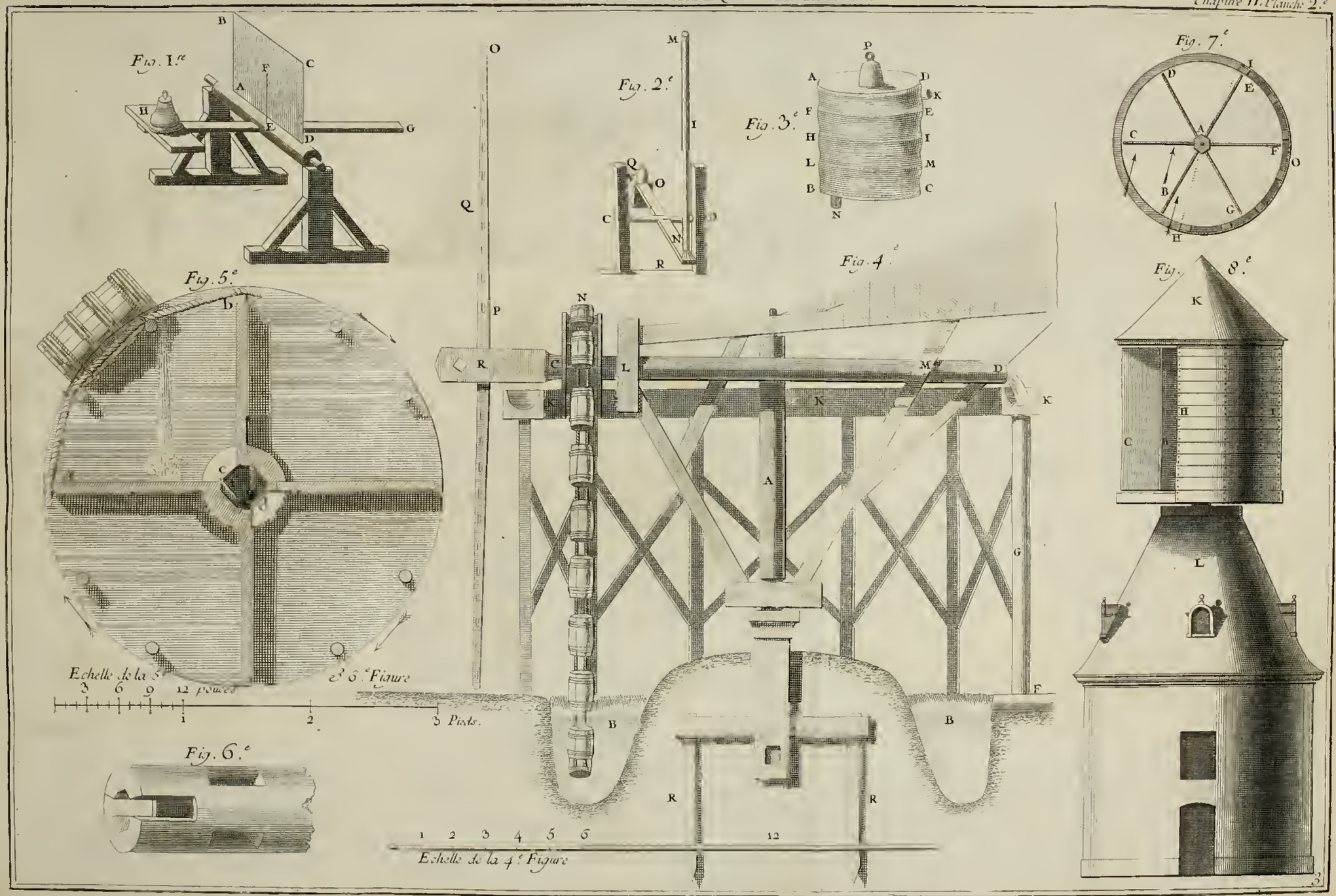


Fig. 1.re
Fig. 2.e
Fig. 3.e
Fig. 4.e
Fig. 5.e
Fig. 6.e
Fig. 7.e
Fig. 8.e
Echelle de la 5.e 3 6 9 12 pouces
1 2 3 Pieds.
e 5.e Figure
1 2 3 4 5 6 12
Echelle de la 4.e Figure

PLANS profils & elevations d'un moulin pour aroser un terrein aride.

Girouëtte.

Fig. 1.re

Fig. 2.e

Plan du puis.

Fig. 3.e

Girouëtte.

Fig. 5.e

Fig. 4.e

Bord du puis.

Fig. 6.e

Fig. 7.e

Fig. 8.e

Fig. 9.e

Fig. 10.e

Fig. 11.e

Fig. 12.e

Fig. 13.e

Fig. 14.e

Fig. 15.e

Fig. 16.e

Echelle pour les figures 1 2 3 4 & 5.e

1 2 3 4 5 6 12 18 Pieds.

Echelle pour les figures 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16.e

1 2 3 4 5 6 7 8 9 Pieds.

CHAPITRE III.

Où l'on donne une description générale des pompes de toutes sortes d'especes, avec un examen de ce qui peut contribuer à les rendre parfaites.

LES pompes sont devenues si nécessaires par les commodités qu'elles procurent, & le sujet est par lui-même si intéressant, qu'on peut regarder ce chapitre comme un de ceux de cet Ouvrage qui mérite le plus d'attention. On y trouvera un examen de toutes les pompes qui ont été imaginées jusques ici, je m'y suis appliqué d'autant plus volontiers, que je ne crois pas que personne ait pris ce soin d'une maniere assez instructive, pour satisfaire ceux qui aiment que les choses soient traitées avec exactitude, & qui ne s'en tiennent pas aux usages que les gens qui n'ont que la simple pratique se sont faits, sans rechercher si telles ou telles parties d'une pompe ne sont pas susceptibles d'une plus grande perfection.

De quelque maniere que l'on fasse agir ces sortes de machines, elles peuvent toutes se réduire à trois especes principales: savoir, la *pompe aspirante*, la *pompe refoulante*, & celle qui est en même tems *aspirante & refoulante*. PLAN. 6. FIG. 1.

865. La pompe *aspirante simple* est composée de deux tuyaux AB, CD, dont le diametre du second est beaucoup plus grand que celui du premier; ces deux tuyaux sont unis par deux especes de rebords E, F, que l'on nomme *brides*, qui ont été fondues avec les tuyaux mêmes; ces brides sont percées de quatre trous pour y passer des *vis* C, C, qui s'ajustent dans des écrous; pour serrer plus intimement ces brides l'une contre l'autre, on met entre deux des *rondelles* de cuir. Le tuyau AB qui trempe dans l'eau YZ qu'on veut élever, se nomme *tuyau d'aspiration*, son extrémité est un peu évasée par le bas, pour que l'eau s'y introduise mieux; à l'endroit AA, est une plaque de tole percée d'un nombre de trous, pour que l'eau, en montant, n'entraîne point d'ordure. Le tuyau CD, qui est ordinairement de cuivre ou de potain, se nomme *corps de pompe*: on le fait intérieurement fort poli, parce que c'est là-dedans que joue le *piston*, dont il convient de diminuer le frottement le plus qu'il est possible. *Description d'une pompe aspirante.* PLAN. 1.

Explication du piſton de la pompe aſpirante.

866. Le piſton de cette pompe eſt une eſpece de cône tronqué renverſé OPKL, dont la grande baſe eſt entourée d'une bande de cuir, clouée par une ou deux rangées de clous poſés près-à-près; cette bande doit être un peu évaſée en entonnoir du côté du ciel, & entter avec peine dans le corps de pompe quand on y introduit le piſton, dont le diametre doit être de deux lignes plus petit. Ces ſortes de piſtons ſe font de bois de *charme* ou *d'aune*, étant moins ſujets à ſe fendre que les autres; on frête leurs deux baſes avec des *cercles* de fer, afin qu'ils durent plus long-tems. Ce piſton eſt percé d'un trou MKL, le long de ſon axe, que l'on ferme d'une *ſoupape* N, faite de cuir, attachée ſur le bois par une queue ſervant de charniere; cette ſoupape, quand elle eſt abattue, doit déborder d'un demi-pouce le pourtour du trou, & pour le fermer plus exactement, on la charge d'une plaque de plomb. Enfin le piſton a une queue OQP, faite du même morceau de bois dont il eſt compoſé, évuidée en forme d'arcade ORP, à laquelle eſt attachée une *tige* de fer R 4: on a repréſenté en particulier ce piſton ſur la planche 3 par les figures 11 & 12.

Détail de la ſoupape qui ſe place au fond d'un corps de pompe.

PLAN. 1. FIG. 1, 2, 3 & 4.

867. Dans le milieu EF, de la jonction du corps de pompe & du tuyau d'aſpiration, eſt un autre trou H, fermé par une ſeconde ſoupape G, qui ſe trouve développée par les figures 2, 3 & 4, auxquelles je m'arrêterai un moment. Le tuyau d'aſpiration AB, eſt uni à une plaque de cuivre repréſentée par la quatrieme figure, l'un & l'autre ayant été fondus en même tems; cette plaque eſt percée dans le milieu du trou H, dont nous avons déja fait mention. Le diametre EF excédant celui du tuyau d'aſpiration, la partie excédente forme une couronne que nous avons appellée *bride*, dont la largeur eſt exprimée par l'intervalle EG & IF, de deux cercles concentriques; c'eſt ſur cette couronne que l'on applique une rondelle de cuir NKL, échancrée de N en L, pour loger la queue de la ſoupape, comme on le peut voir dans la figure troiſieme, où il eſt aiſé de diſtinguer le morceau de cuir qui compoſe la ſoupape, qu'on a exprimé d'une teinte un peu plus forte que le reſte; on remarquera que ſon diametre eſt plus petit que GI, & plus grand que celui du trou H, afin qu'il puiſſe le fermer exactement. La ſeconde figure montre que ſi l'on applique le rebord du corps de pompe ſur la troiſieme, la queue N de la ſoupape, & la rondelle de cuir OQP, ſe trouveront enfermées entre les deux brides, que l'on ſerre l'une contre l'autre, à l'aide des vis & des écrous, comme nous l'avons dit plus haut.

Il faut que le morceau de fer ou de cuivre R, dont la ſoupape

eſt chargée, pour lui donner du poids, afin qu'elle ſe ferme plus promptement, ait auſſi une forme circulaire, & que ſon diametre excede un peu celui du trou H, ſur-tout quand il eſt queſtion des pompes refoulantes; afin que la grande preſſion que la ſoupape eſt obligée de ſouffrir, ne la faſſe pas plier.

De quelle maniere le poids de l'atmoſphere fait monter l'eau dans les pompes.

PLAN. I. FIG. I.

868. Quand on leve le piſton, il laiſſe un grand vuide dans l'eſpace ISTG, où il ne reſte qu'un air extrêmement dilaté; alors celui du tuyau d'aſpiration n'étant plus en équilibre avec celui du corps de pompe, (814) éleve par la force de ſon reſſort la ſoupape G, qui fermoit la communication des deux tuyaux, ſe dilate dans l'eſpace ISTG, & ſe met au même degré de raréfaction, depuis la ſurface de l'eau juſqu'au deſſous de la baſe ST du piſton. Son reſſort ſe trouvant affoibli, donne lieu au poids de l'atmoſphere, qui preſſe ſur la ſurface YZ de l'eau, de la faire monter dans le tuyau d'aſpiration (790) juſques à une certaine hauteur, qui n'eſt pas bien grande au premier coup de piſton; car l'eau ne peut monter dans le tuyau, ſans condenſer l'air qui s'y trouve, parce qu'elle le réduit dans un eſpace plus petit que celui où il étoit, de toute la capacité dont elle occupe la place. Auſſi l'eau monte-t'elle au commencement plus vîte que ſur la fin, parce qu'à meſure qu'elle chaſſe l'air en avant, elle le condenſe davantage, & devient elle-même en partie la cauſe de l'obſtacle qui l'empêche de monter plus haut. En effet, ſi elle s'arrête par exemple à la hauteur de 3 pieds au-deſſus de la ſource, & qu'on ſuppoſe le poids de l'atmoſphere équivalent à celui d'une colonne d'eau de 31 pieds de hauteur, il arrivera (814) que le reſſort de l'air reſté dans la pompe eſt encore capable de ſoutenir une colonne d'eau de 28 pieds, après la condenſation cauſée par l'eau qui eſt montée.

Si l'on fait deſcendre le piſton, la ſoupape G ſe refermera, l'air contenu dans l'eſpace ISTG, ſe trouvant comprimé de plus en plus à meſure que le piſton deſcendra, ſon reſſort acquérera une force au-deſſus du poids de l'atmoſphere, (812) levera la ſoupape N, & s'échappera par le trou KLM. Alors ſi on leve le piſton tout de nouveau, la ſoupape N ſe refermera, & l'air du tuyau AB ſe dilatant dans l'eſpace IT, le poids de l'atmoſphere fera monter l'eau encore plus haut qu'en premier lieu. Enfin continuant de faire jouer le piſton, l'eau parviendra dans le corps de pompe juſqu'à une certaine hauteur 5, 6; & l'eſpace I, S, T, G, du corps de pompe ſe trouvera rempli en partie par l'eau & par l'air, qui ſera réduit dans l'eſpace 5, S, T, 6. Mais faiſant deſcendre le piſton, la ſoupape C ſe refermera, ce qui reſtoit d'air dans le

corps de pompe, ſera contraint de paſſer à travers le piſton avec une partie de l'eau, qui étant une fois montée au deſſus de la ſoupape N, il n'y aura plus du tout d'air au-deſſous; c'eſt alors que l'eau l'accompagnera en montant juſqu'à la hauteur ST. En faiſant deſcendre le piſton, l'eau du corps de pompe, ſe trouvant refoulée, paſſera au-deſſus, & lorſqu'on le fera remonter, elle ira ſe dégorger dans la cuvette VX, pour être diſtribuée où on le jugera à propos; ainſi on voit que tout le jeu de cette pompe ſe fait par l'action de l'air extérieur, (790) & le mouvement des deux ſoupapes N & G, qui s'ouvrent & ſe ferment alternativement.

Maniere de calculer la hauteur où l'eau peut monter par aſpiration, à chaque coup de piſton.

869. Si l'on vouloit ſavoir à quelle hauteur l'eau montera dans le tuyau d'aſpiration, au moment de la premiere élévation du piſton, auſſi-bien qu'à toutes les autres ſuivantes, juſqu'à ce qu'elle ſoit parvenue à une hauteur déterminée dans le corps de pompe; il faut commencer par chercher la capacité du tuyau d'aſpiration, y compris l'eſpace vuide qui ſe trouve au-deſſous de la ſoupape N, lorſque le piſton eſt arrivé au plus bas du fond du corps de pompe, qu'il ne touche jamais, à cauſe du relief de la ſoupape G. Le trou KLM laiſſe encore un eſpace rempli d'air, qu'on doit conſidérer auſſi comme faiſant partie du tuyau d'aſpiration, dont la capacité ſera par conſéquent exprimée par le volume d'air qui eſt depuis la ſurface de l'eau juſques au-deſſous de la ſoupape N, qu'il faudra diviſer par la ſuperficie du cercle intérieur du tuyau d'aſpiration, afin d'avoir la hauteur qu'auroit ce tuyau, s'il étoit uniforme d'un bout à l'autre. Il faut de même chercher l'eſpace que le piſton parcourt, & le diviſer par la ſuperficie du cercle du tuyau d'aſpiration, alors le quotient exprimera la hauteur du vuide du corps de pompe, réduit en un tuyau de même diametre que celui d'aſpiration; le rapport de ce quotient & du précédent, ſera le même que celui du vuide du corps de pompe à la capacité du tuyau d'aſpiration. Pour rapporter ces deux termes à une application qui puiſſe ſervir d'exemple, nous ſuppoſerons qu'on a trouvé 26 pieds pour le premier quotient, & 6 pieds pour le ſecond, ajoutant ces deux nombres enſemble, on aura 32 pieds, qui exprimeront la capacité du tuyau d'aſpiration, avec celle du vuide cauſé par l'élévation du piſton; *ainſi l'air naturel renfermé dans le tuyau d'aſpiration, eſt à la dilatation où il ſe trouve après avoir élevé le piſton pour la premiere fois, comme 26 eſt à 32.* (801)

Nous ſuppoſerons que c, exprime le poids de l'atmoſphere équivalent à une colonne d'eau de 31 pieds de hauteur; x, la hauteur où doit s'élever l'eau dans le tuyau d'aſpiration au premier coup de

de piston, que $26 = a$, & $32 = b$. Cela posé, quand on aura levé le piston, la dilatation de l'air exprimée par b, sera en équilibre avec la colonne c, moins la hauteur de l'eau qui sera montée dans le tuyau d'aspiration (c'est-à-dire avec $c - x$), si l'eau qui monte dans le tuyau d'aspiration ne diminuoit pas le volume de l'air, de toute la capacité dont elle occupe la place. Car, comme nous venons de le remarquer dans l'article 868, l'eau chassera l'air en avant, ainsi la dilatation de cet air ne sera plus exprimée par b, mais bien par $b - x$: c'est donc avec cette quantité que la colonne $c - x$, sera en équilibre. Mais, par les articles 814, 815, on sait que le produit de l'espace qu'occupe l'air, par la charge qu'il soutient, est toujours égal au produit de l'espace dans lequel il s'est dilaté, par le poids dont son ressort est capable alors; c'est pourquoi le produit du volume de l'air naturel du tuyau d'aspiration par 31 pieds d'eau, qui est ac, sera égal à celui de $b - x$ par $c - x$, qui donne $ac = bc - cx - bx + xx$; & supposant $c + b = 2d$, on aura $ac - bc = xx - 2dx$, ou $ac + dd - bc = dd - 2dx + xx$, ou enfin $x = d - \sqrt{ac + dd - bc}$, qui fait voir qu'au premier coup de piston, l'eau montera dans le tuyau d'aspiration à la hauteur d'environ 3 pieds 1 pouce 4 lignes. On trouvera de même à quelle hauteur elle montera après chaque coup de piston, & combien il en faut donner avant que l'eau commence à se rendre dans la cuvette; mais c'est à quoi je ne m'arrêterai pas davantage, ces recherches étant plus curieuses qu'utiles dans la pratique: il me suffit d'en avoir donné l'introduction.

Description d'une pompe refoulante, plongée dans l'eau.

870. A l'égard des pompes refoulantes, leurs parties sont les mêmes que celles des aspirantes, n'y ayant de différence que dans leur position, comme on en peut juger par la figure cinquieme, où l'on voit que le corps de pompe ABCD, trempe dans l'eau qu'on veut élever, dont la surface est exprimée par la ligne 2, 3; il est uni à un *tuyau montant* BGHC, à l'aide des brides & des vis: ce tuyau est composé de deux pieces; la premiere BEFC, est contournée de maniere à ne point faire obstacle au mouvement du chassis de fer TXYV, qui porte la tige N du piston M; & la seconde EGHF, dont la grosseur est uniforme, conduit l'eau à l'endroit où on veut l'élever.

PLAN. 1. FIG. 5.

Détail du piston d'une pompe refoulante.

Le piston de cette pompe differe peu de celui de la figure premiere, étant percé de même d'un trou L, couvert d'une soupape K; toute la différence est qu'il est posé le haut en bas; sa tige NO étant attachée au travers RS & TV du chassis, lequel est suspendu à la piece Z, qui est censée répondre à un balancier, ou

à une manivelle : les figures 9 & 10 de la planche troiſieme, font voir ce piſton repréſenté ſelon deux ſens différens.

Quelquefois le corps de pompe eſt de deux pieces, afin d'évaſer celle d'en bas APDQ, pour faciliter l'entrée du piſton, & de donner plus d'aiſance à l'eau de monter ; c'eſt ainſi qu'on en a uſé dans la conſtruction des pompes de Lyon. Mais on peut le faire tout d'une piece, & ſe contenter d'en évaſer la partie inférieure dans l'épaiſſeur du métal, comme on l'a pratiqué aux pompes de Notre-Dame & de la Samaritaine à Paris, dont nous ferons mention dans la ſuite. Quant à la partie ſupérieure du corps de pompe, on voit qu'elle eſt percée d'un trou couvert d'une ſoupape I, dont voici l'effet, qui eſt celui de la pompe même.

Explication de l'effet de cette pompe.

871. Il faut d'abord s'imaginer que le piſton eſt au bout du corps de pompe ; quand il deſcendra pour la premiere fois, il laiſſera un eſpace vuide, où il ne pourra y avoir qu'un air extrêmement dilaté, provenant de celui qui étoit entre les ſoupapes I & K. Alors l'eau dont il veut occuper la place, ſera pouſſée de bas en haut par les colonnes collatérales, aidées du poids de l'atmoſphere ; (790) la ſoupape K s'ouvrira, l'eau paſſera au travers du piſton, montera dans le corps de pompe, & chaſſera en avant l'air qui y étoit reſté, qui ſe réduira à peu près dans l'état où il étoit auparavant. Mais auſſi-tôt que l'on fera remonter le piſton, la ſoupape K ſe refermera, & l'eau qui eſt au-deſſus étant refoulée de bas en haut, ouvrira la ſoupape I, & paſſera avec l'air du corps de pompe dans le tuyau montant : le piſton venant à deſcendre, le poids de l'eau renfermée dans le tuyau montant, refermera la ſoupape ſupérieure, & le vuide qui ſe formera dans le corps de pompe, ſera ſucceſſivement rempli par l'eau, à meſure que le piſton deſcendra ; ce qu'elle fera avec d'autant plus de liberté, qu'elle ne rencontrera d'autre obſtacle que celui que peut cauſer le poids de la ſoupape K, qui eſt peu de choſe. Enfin, lorſque le piſton remontera, l'eau dont il ſera chargé paſſera de nouveau dans le tuyau montant ; continuant la même manœuvre un certain nombre de fois, elle parviendra dans le réſervoir où on veut l'élever.

Deſcription des pompes aſpirantes & refoulantes.

PLAN. I. FIG. 6.

872. Après l'idée que je viens de donner des pompes de la premiere & de la ſeconde eſpece, il ſera aiſé de juger de l'effet de la troiſieme, c'eſt-à-dire, de la pompe *aſpirante & refoulante*. La figure ſixieme montre qu'elle eſt compoſée d'un corps de pompe ABCD, d'un tuyau d'aſpiration CDEF, & d'un autre montant GKNO, lequel eſt fait de trois pieces : la premiere GK eſt ſuppoſée avoir été coulée avec le corps de pompe ; la ſeconde IKLM ſert à for-

mer le coude que ce tuyau doit avoir, & la troiſieme LNOM, à faire monter l'eau au réſervoir. A l'endroit de la jonction IK, eſt une ſoupape pendante S, en forme de clapet, qui s'ouvre & ſe ferme alternativement avec la ſoupape R, qui eſt au fond du corps de pompe : la premiere S, ſert à retenir l'eau qui eſt paſſée dans le tuyau montant, pour l'empêcher de deſcendre dans le tems de l'aſpiration, comme on le va voir.

873. Le piſton PQTV de cette pompe eſt maſſif, & traverſé d'une tige de fer arrêtée par deux clavettes ; il reſſemble à deux cônes tronqués égaux & ſemblables, qu'on auroit unis par leurs petites baſes : chacun de ces cônes eſt garni d'une bande de cuir évaſée d'un ſens contraire. *Détail du piſton de cette pompe.*

Comme le piſton ne doit point deſcendre plus bas qu'à l'endroit TV, parce qu'autrement il boucheroit l'entrée GH du tuyau montant ; on voit que d'abord il y a de l'air groſſier enfermé dans l'eſpace XTZ, ſans qu'on puiſſe l'empêcher, quoique ce ſoit un défaut eſſentiel comme nous le ferons voir ailleurs. Ainſi quand on leve le piſton pour la premiere fois, cet air ſe dilate dans le corps de pompe, & ceſſe d'être en équilibre avec celui du tuyau d'aſpiration, qui leve la ſoupape R par la force de ſon reſſort pour ſe dilater auſſi, ce qui laiſſe à l'eau la liberté de monter de quelques pieds, comme on l'a expliqué dans l'article 868. Alors la ſoupape S reſte fermée, & ne pourroit même s'ouvrir qu'avec difficulté, parce que l'air du tuyau montant dont elle eſt preſſée, a plus de reſſort que celui qui ſe trouve du côté de Z. Mais le piſton venant à deſcendre, la ſoupape R ſe referme, l'air contenu dans le corps de pompe étant refoulé de plus en plus, acquiert une force de reſſort au-deſſus de celui qui appuie contre la ſoupape S, laquelle s'ouvre, & l'air du corps de pompe paſſe dans le tuyau montant, tant que de part & d'autre ils ſoient en équilibre. Enſuite faiſant remonter le piſton, la ſoupape S ſe referme, l'autre R s'ouvre, l'air du tuyau d'aſpiration ſe dilate de nouveau, & eſt refoulé enſuite dans le tuyau montant. Continuant la même manœuvre, l'eau parvient enfin dans le corps de pompe, où elle ſe trouve mêlée avec l'air qu'on n'a pu épuiſer, qui eſt enſuite chaſſé avec une partie de l'eau par la deſcente du piſton, l'un & l'autre paſſant dans le tuyau montant ; c'eſt après cela que celle d'en bas monte ſans difficulté dans le corps de pompe, où elle accompagne le piſton juſqu'en haut, pour être refoulée dans le tuyau montant, où elle eſt retenue dans le tems que le piſton aſpire de nouveau.

Situation différente qu'on peut donner aux tuyaux d'aſpiration des pompes aſpirantes & refoulantes.

874. Les pompes de la troiſieme eſpece peuvent être variées de pluſieurs manieres dans leur conſtruction, qui ont chacune leurs avantages & leurs défauts ; nous les examinerons après avoir montré les différentes ſituations qu'on peut donner aux tuyaux d'aſpiration & aux tuyaux montans, par rapport aux corps de pompe.

Dans la figure ſeptieme on voit que le tuyau d'aſpiration CDE, eſt dégagé du corps de pompe auquel il eſt uni vers le haut, afin que le piſton A, qui ne differe en rien du précédent, ſinon que ſa tige eſt portée par un chaſſis, puiſſe refouler l'eau de bas en haut, au lieu que dans l'autre il la refoule de haut en bas. Car on voit bien que lorſqu'il baiſſera pour la premiere fois, il formera un vuide dans lequel ſe dilatera l'air naturel renfermé dans l'eſpace CB ; alors celui du tuyau d'aſpiration ouvrira la ſoupape C, & viendra ſe répandre dans le corps de pompe. Faiſant remonter le piſton, la ſoupape F s'ouvrira, & la plus grande partie de l'air ſera refoulée dans le tuyau montant G ; continuant à aſpirer & à refouler, l'eau parviendra enfin dans le corps de pompe & montera dans le tuyau G, ce qui eſt aiſé à entendre par ce qui a été dit ci-devant.

Deſcription des pompes du pont Notre-Dame à Paris.

FIG. 8.

875. Les pompes de la troiſieme eſpece ont quelquefois deux piſtons, dont l'un aſpire l'eau tandis que l'autre la refoule pour la faire monter ; telles ſont les pompes du pont Notre-Dame à Paris, dont la figure huitieme repréſente l'effet. D'abord il y a un corps de pompe AB uni avec le tuyau d'aſpiration EF, ayant une ſoupape Y à la jonction, comme à l'ordinaire ; ce corps de pompe dégorge ſon eau dans une *bache* HG, d'où elle eſt enſuite repriſe par l'autre piſton O, pour être refoulée dans le corps de pompe PQ, & de-là dans le tuyau montant RS, qui aboutit au réſervoir. Je crois qu'il n'eſt pas beſoin de dire que les tiges M & N des piſtons ſont attachées à la traverſe KL du chaſſis CD, qui les fait jouer en cette ſorte.

Lorſque le chaſſis monte, l'eau de la riviere paſſe dans le tuyau d'aſpiration EF par la preſſion de l'air extérieur, (790) & levant la ſoupape Y, monte dans le corps de pompe AB que le piſton I a laiſſé vuide ; quand le chaſſis deſcend, la ſoupape X s'ouvre, l'autre Y ſe referme, & toute l'eau du corps de pompe, paſſant au travers du piſton, va ſe décharger dans la bache HG. D'un autre côté le piſton O, en deſcendant, laiſſe un eſpace vuide dans le corps de pompe PQ ; alors l'air qui preſſe ſur la ſurface HW de l'eau de la bache fait lever la ſoupape T, & le corps de pompe ſe remplit. Peu après le piſton venant à remonter, la ſoupape T ſe

referme, force l'eau d'ouvrir l'autre V, paſſe dans le tuyau RS, qui ſe referme auſſi-tôt que le piſton deſcend. Ainſi l'on voit que la cuvette reſte toujours pleine, le piſton I aſpirant autant d'eau que l'autre O en refoule : il eſt même à propos de donner quelques lignes de plus au diametre du corps de pompe d'en bas qu'à celui d'en haut, afin qu'il y ait toujours plus d'eau dans la bache qu'il n'en peut monter, pour ſurvenir à la dépenſe de celle qui ſe perd.

PLAN. 2. FIG. 13.

876. Voici encore une autre ſorte de pompe qui appartient à la troiſieme eſpece, exécutée à la machine de Marly. D'abord il eſt queſtion d'un tuyau de communication HLMKIFDCEG, d'une ſeule piece, dont l'un des bouts GH eſt uni avec un tuyau d'aſpiration NO, qui trempe dans l'eau ; l'autre LMK, qui eſt fait en retour d'équerre, aboutit au tuyau montant KSM, qui porte l'eau ſur la montagne, au premier réſervoir. Dans le milieu eſt une branche ECDF, entée avec le corps de pompe ABCD, dans lequel agit le piſton Q, parfaitement cylindrique & maſſif, traverſé par la tige VY, ſuſpendu à une *bille* pendante, qui lui donne le mouvement, comme nous le ferons voir ailleurs.

Deſcription d'une pompe de la machine de Marly.

A l'égard de l'effet de cette pompe, on voit que quand le piſton monte juſques en T, l'air de la partie PX ſe dilate dans l'eſpace YZ ; celui du tuyau d'aſpiratiou NO ouvre la ſoupape P, ſe répand avec le précédent, & la ſoupape R reſte fermée par l'action du poids de l'atmoſphere ; mais quand le piſton baiſſe, la ſoupape P ſe referme, l'autre R s'ouvre, & l'air eſt refoulé dans le tuyau S. Lorſqu'après un certain nombre de coups de piſton, l'eau eſt enfin parvenue dans le corps de pompe, elle eſt refoulée dans le tuyau montant S.

PLAN. 2.

877. La quinzieme figure eſt encore une pompe aſpirante & refoulante, exécutée en Angleterre ſur le bord de la Tamiſe, à *York-buildings*, à la fameuſe machine qui éleve l'eau par le moyen du feu. Le tuyau d'aſpiration AB eſt uni au corps de pompe CDEF, comme à l'ordinaire ; ayant une ſoupape M à l'endroit de jonction : le tuyau montant FGKL eſt auſſi accompagné d'une ſoupape N, pour fermer la ſortie IH de la partie coudée GI. Juſque-là cette pompe reſſemble aſſez à celle qui eſt exprimée par la ſixieme figure de la planche deuxieme, mais le reſte en eſt tout différent ; le piſton OPQ eſt un cylindre creux, de cuivre, qu'on remplit de plomb, pour lui donner un poids capable de refouler l'eau qui doit paſſer dans le tuyau montant. Comme la hauteur de cette eau pourroit être telle que le poids du piſton ne ſuffiroit pas, on le ſurcharge avec des tables de plomb marquées T, qu'on

Deſcription d'une pompe exécutée en Angleterre, à la machine qui éleve l'eau par le moyen du feu.

FIG. 15.

enfile dans la verge V, en auſſi grand nombre qu'il eſt néceſſaire; c'eſt pourquoi la tête du piſton qui n'entre point dans le corps de pompe, a une figure quarrée d'une capacité ſuffiſante pour ſervir de baſe au poids T.

Détail du piſton de cette pompe.

878. Pour éviter le frottement du piſton contre la ſurface intérieure du corps de pompe, qui ſeroit conſidérable, s'il avoit lieu ſur toute ſon étendue, on a donné au diametre du piſton deux ou trois lignes de moins qu'à celui du corps de pompe, afin de laiſſer un intervalle entre deux. Cependant pour empêcher la communication de l'air extérieur, qui ſeroit un obſtacle à l'aſpiration, & qu'en refoulant l'eau ne ſorte par l'entrée CD du corps de pompe, on a diſpoſé cette entrée d'une maniere fort ſimple & fort ingénieuſe, mais qu'on ne peut bien entendre qu'avec le ſecours de la figure ſixieme, qui n'eſt autre choſe que la partie CD miſe en grand.

L'entrée LL du corps de pompe eſt accompagnée d'un rebord KL, qui regne tout autour, & coulé enſemble, comme ſont les brides; ſur le rebord ſont appliquées deux ou trois rondelles de cuir E, F, G, repliées autour de la ſurface intérieure du corps de pompe, enſuite eſt un anneau de cuivre dont le diametre du petit cercle tient un milieu entre celui du piſton, & celui du corps de pompe. Là-deſſus ſont poſées d'autres rondelles de cuir ABZ, repliées comme les précédentes, mais d'un ſens oppoſé, le tout recouvert d'un ſecond anneau de cuivre HH, dont le petit diametre I, I, eſt égal à celui du corps de pompe. Cet anneau eſt lié avec le rebord KL, par des vis C, D, ajuſtées dans leurs écrous; ainſi l'anneau du milieu ſert de guide au piſton qui ne touche qu'au cuir ZG, avec lequel il eſt intimement uni; car comme il y a toujours de l'eau dans la cuvette XY, le cuir ſe maintient renflé. Cette eau ne pouvant s'écouler, empêche que l'air extérieur ne puiſſe s'introduire dans le corps de pompe, & cela de la maniere du monde la plus commode, puiſqu'on peut, quand il eſt néceſſaire, renouveller les cuirs, & maintenir la pompe en bon état, ſans être obligé de démonter aucune de ces parties.

FIG. 15 & 16.

Pour que l'eau de la pompe même puiſſe entretenir la cuvette pleine, on a ajouté un petit robinet R, qui a communication avec le corps de pompe, & qui eſt fermé par une clef S, comme aux fontaines ordinaires. Quand le piſton refoule, à cauſe du jeu qu'on lui a donné, l'eau monte dans le robinet, & quand on veut qu'elle ſe rende dans la cuvette, on ne fait que tourner la clef S; comme la violence avec laquelle elle eſt pouſſée par l'effort du piſton, la feroit jaillir avec impétuoſité, on lui a oppoſé une plaque de

cuivre Z, portée par quatre branches, liées enſemble comme la figure le montre. Ce robinet ſert encore au commencement de l'aſpiration, pour chaſſer l'air de la pompe plus promptement que s'il étoit obligé de ſortir par le ſeul tuyau montant; on ouvre & ferme la clef S, alternativement quand le piſton monte & deſcend, comme à la machine du vuide.

Deſcription des pompes de la Samaritaine à Paris.

879. Dans tous les deſſeins de pompe qu'on vient de décrire, on a dû s'appercevoir que l'eau ne paſſoit dans le tuyau montant que par intervalle, c'eſt-à-dire, quand le piſton refouloit, & que le tems de l'aſpiration étoit un tems perdu. C'eſt pourquoi aux grandes machines qui ſervent à élever l'eau, il y a toujours au moins deux corps de pompe ſéparés A & B, qui répondent au même tuyau montant C par des branches D & E qui s'y réuniſſent; alors tandis que le piſton F aſpire, l'autre G refoule, & l'eau ne ceſſe de monter. C'eſt ainſi que ſont exécutées les pompes de la Samaritaine à Paris, dont le profil, pris dans un autre ſens, eſt repréſenté par la quatorzieme figure, où l'on remarquera que les ſoupapes des corps de pompe ſont à *coquille*, comme on peut juger par les figures 18 & 19. M. *de la Hire*, *le fils*, pour ne pas multiplier les êtres, a imaginé une pompe rapportée dans les *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, année 1716, avec laquelle l'eau monte continuellement quoiqu'elle n'ait qu'un ſeul corps de pompe; mais comme elle m'a paru fort compoſée, & ſujette à pluſieurs inconvéniens, je n'en fais point la deſcription, aimant mieux celle qui ſuit, dont l'objet eſt le même.

PLAN. 2. FIG. 17.

Deſcription d'une pompe qui fait monter l'eau ſans interruption.

880. La figure vingtieme montre que cette pompe eſt compoſée d'un tuyau CAB, partagé en deux parties égales AB & AC, formant deux corps de pompe oppoſés qui aboutiſſent à une même branche QDR, à laquelle ils communiquent par deux trous G & H, comme on en peut juger par cette figure. Elle repréſente ces deux trous vus en face, étant un profil pris entre BC & QD, par lequel on voit qu'à ce bout cette branche eſt elliptique, de même que les deux trous G & H, qui s'ouvrent & ſe ferment alternativement par une ſeule ſoupape, qui leur eſt commune. Pour la bien entendre, il faut s'imaginer un ſoufflet ouvert dont on auroit ſupprimé le canon & les deux poignées, & dont les aîles ſeroient elliptiques, formant enſemble un angle de 60 degrés, comme les figures 21 & 24 le repréſentent, faiſant voir cette ſoupape de deux ſens différens, l'un en face, & l'autre de côté. La vingt-deuxieme figure eſt un profil coupé dans le milieu de la vingt-unieme; cette ſoupape eſt toute de cuivre, on la fait maſſive ou creuſe

FIG. 20.

PLAN 2.

ſelon ſa grandeur, puiſqu'il eſt ſeulement queſtion de la rendre ſolide. On voit dans la figure vingtieme qu'elle joue à l'aide d'une charniere placée à l'endroit E, entre les deux trous G & H, où eſt ſon centre de mouvement; ſi l'on prend garde aux lettres ſemblables qui répondent aux parties relatives des figures 20, 21, 22, 23 & 24, on n'aura point de difficulté à comprendre ce que j'ai voulu inſinuer.

Le chaſſis ZY porte deux piſtons qui agiſſent d'un ſens oppoſé; car ſi l'on conçoit la machine plongée dans l'eau juſqu'à la hauteur TV qui en exprime le niveau, on verra que quand le chaſſis monte, la ſoupape N du piſton M s'ouvre, & l'eau entre dans le premier corps de pompe AB. Celle qui ſe trouve renfermée dans le ſecond AC, étant refoulée par le piſton X, paſſe par le trou H dans le tuyau montant, ſoutient la ſoupape F dans la ſituation où elle eſt préſentement, & tandis qu'elle gliſſe le long de la face EK, l'autre EI s'appuie contre l'oriſice du trou G, qu'elle maintient fermé. Mais auſſi-tôt que le chaſſis deſcend, la ſoupape N ſe referme, l'autre L s'ouvre, & celle du milieu change de ſituation; l'eau qui ſe trouve dans le corps de pompe AB, paſſe par le trou G, pour être refoulée à ſon tour dans le tuyau montant, alors le trou H eſt fermé par la face EK. D'un autre côté il entre dans le corps de pompe AC de la nouvelle eau qui vient occuper le vuide laiſſé par le piſton, pour être refoulée à ſon tour comme auparavant; ainſi on voit qu'elle paſſe alternativement par les trous G & H, & qu'elle monte ſans interruption au réſervoir. Comme elle paſſe ſans ceſſe par le trou P, il ſemble que la ſoupape O eſt aſſez inutile; mais comme elle n'incommode point, il n'y a pas d'inconvénient qu'elle y ſoit, parce que ſi le jeu d'un des piſtons venoit à être interrompu, l'autre feroit toujours monter l'eau, comme aux pompes refoulantes ordinaires.

Ayant deſſein de donner une idée des différentes pompes qu'on peut mettre en uſage, en voici encore une que j'ai ajuſtée à mon gré, qui fait monter l'eau ſans interruption comme la précédente, mais d'une maniere plus ſimple.

PLAN. 2. FIG. 25.

Deſcription d'une pompe qui joue à l'aide de la condenſation de l'air.

881. Le corps de pompe DB eſt uni à un récipient de cuivre XYZ, de figure cylindrique, couvert d'une calotte Y en forme de demi-ſphere: ces deux pieces ſe communiquent par un trou G, qui s'ouvre & ſe ferme à l'aide de la ſoupape H, faite de cuivre en maniere de clapet. Le tuyau d'aſpiration AD répond au corps de pompe, & le tuyau montant ZW au récipient; l'un & l'autre accompagnés de leurs ſoupapes F & V, comme à l'ordinaire; le piſton

piſton C qu'on ſuppoſe maſſif, joue à l'aide d'un chaſſis qui en ſoutient la tige que l'on n'a point fait voir, crainte d'embrouiller la figure : à cela près, voici de quoi il eſt queſtion.

Quand, après pluſieurs coups de piſton, l'eau eſt parvenue dans le tuyau d'aſpiration au-deſſus de la ſoupape F, elle paſſe de-là dans le corps de pompe pour être refoulée de bas en haut. Lorſque cela arrive pour la premiere fois, elle va ſe rendre dans le récipient & dans la branche IT, au-deſſus du trou I, à une hauteur ET, à peu près au même niveau, alors l'air renfermé dans l'eſpace 2, 3 & 4, ne peut s'échapper par aucun endroit; le piſton continuant d'aſpirer & de refouler de nouvelle eau, une partie paſſe dans le tuyau montant, & l'autre reſte dans le récipient ; ce qui augmente le reſſort de l'air de plus en plus, à meſure qu'il ſe trouve réduit dans un moindre eſpace. (811) Car il eſt bon de remarquer que le trou G par où l'eau entre, étant plus grand que l'autre I par où elle ſort, le piſton en refoule toujours plus qu'il n'en peut paſſer dans le même tems par le tuyau montant. Comme la ſoupape H ſe referme à chaque fois que le piſton deſcend, quand l'air du récipient a acquis une force de reſſort, au-deſſus de celle qui le mettroit en équilibre avec un poids égal à celui d'une colonne d'eau qui auroit pour baſe le cercle du récipient, & pour hauteur celle du tuyau montant, l'air fait effort ſur la ſurface de l'eau, & l'oblige à deſcendre du niveau 5, 6, au niveau 7, 8, en la refoulant dans le réſervoir, & le diametre du récipient étant beaucoup plus grand que celui du tuyau montant, il ſuffit que la ſurface de l'eau deſcende de quelques pouces, pour en fournir autant qu'il en peut paſſer au réſervoir dans le tems de l'aſpiration. Ainſi elle montera ſans interruption, puiſqu'il ſuffit que le piſton à chaque fois qu'il refoule, chaſſe deux fois autant d'eau qu'il en peut paſſer dans le même tems par le trou I.

Pour que l'air ſe maintienne toujours à peu près au degré de condenſation le plus convenable, & qu'il n'acquierre pas plus de force de reſſort qu'il n'en faut, il eſt à propos que le récipient réponde à un petit tuyau fermé par une ſoupape qui, étant chargée d'un poids proportionné à la force de reſſort que l'air doit avoir, maintienne l'équilibre.

Réflexions ſur les avantages & les défauts des pompes précédentes.

882. Il y a pluſieurs remarques à faire ſur les propriétés des différentes eſpeces de pompes dont on vient de parler ; ſavoir, que les cuirs des piſtons & des ſoupapes ne font leurs effets que très-imparfaitement, lorſqu'ils viennent à ſe ſécher dans les grandes chaleurs, ou quand les pompes ne jouent pas continuellement,

ce qui oblige de verſer de l'eau deſſus par le haut de la pompe pour les humecter, particuliérement aux pompes aſpirantes, exprimées par la premiere figure. Les pompes aſpirantes & refoulantes ne ſont pas non plus tout-à-fait exemptes de cet inconvénient, à moins qu'elles ne ſoient plongées dans l'eau, comme celles des figures cinquieme & quatorzieme; mais c'eſt une grande ſujétion que de les diſpoſer ainſi, par la difficulté de les retirer toutes les fois qu'il y faut travailler, ſoit pour renouveller les cuirs, ou nettoyer les ſoupapes & les piſtons, qui à la longue ſe chargent de vaſe.

PLAN. 1. & 2.

D'un autre côté les aſpirations ont preſque toujours quelqu'imperfection, à cauſe du raccordement des tuyaux qu'on ne joint jamais aſſez bien pour que l'air ne puiſſe s'y inſinuer tant ſoit peu. De même, quand le cuir du piſton n'eſt pas aſſez humecté, il ceſſe d'adhérer à la ſurface intérieure du corps de pompe, & l'air s'introduiſant dans l'eſpace vuide fait ceſſer l'aſpiration, ſur-tout quand elle eſt grande; c'eſt pourquoi il faut bien prendre garde de la faire la plus petite qu'il eſt poſſible, c'eſt-à-dire, d'élever le moins que l'on pourra le corps de pompe au-deſſus de la ſurface de l'eau qu'on veut puiſer, ſans avoir égard à tout le poids de l'atmoſphere, qui ne peut avoir lieu qu'avec des conditions qui ſe rencontrent rarement, & dont nous ferons mention par la ſuite; il nous ſuffira de dire préſentement, que plus l'aſpiration eſt petite, & plus l'eau monte avec vîteſſe, & maintient les cuirs humectés.

Pour avoir la facilité de réparer une pompe refoulante plongée dans une riviere, on la place dans le fond d'une bache, de maniere que ſes bords ſurmontent la ſurface de l'eau, & on la vuide quand on veut viſiter la pompe; mais dans le tems des grandes eaux, comme elle peut être ſubmergée, on tombe encore dans le même inconvénient.

De toutes les pompes qu'on vient de décrire, les plus parfaites ſont celles dup ont Notre-Dame.

883. Le moyen le plus ſûr & le plus commode pour élever l'eau à une hauteur conſidérable, c'eſt de faire ces ſortes de pompes dans le goût de la figure huitieme; on a la liberté de rendre l'aſpiration auſſi petite que l'on veut, puiſqu'il ſuffit que le fond de la bache GH ſoit élevé de quelques pieds au-deſſus de la ſurface des plus grandes eaux; celle qui y monte entretient toujours les cuirs humectés, & quand on a quelques réparations à faire, on met les pompes à découvert pour les démonter ſans toucher au tuyau d'aſpiration. Auſſi cette pompe me paroît-elle préférable à toutes les autres, ſur-tout quand il y aura, comme à la machine

PLAN. 1. FIG. 8.

du pont Notre-Dame à Paris, pluſieurs équipages qui font monter l'eau ſans interruption; car il faut faire attention que telle pompe qui pourroit être à la bienſéance d'un particulier, ne conviendra peut-être point pour donner de l'eau à une ville. Chacune de celles que je rapporte ici peut avoir ſon mérite, mais il faut ſavoir en faire un bon choix, ſelon les lieux & les circonſtances. Par exemple, ſi l'on avoit un baſſin qui reçût l'eau d'une ſource ou d'une riviere par le moyen d'une ſaignée, dont le cours pourroit être interrompu par une écluſe, & qu'on eût de la pente pour mettre le baſſin à ſec toutes les fois qu'on le jugera néceſſaire, on pourra ſe ſervir de la pompe exprimée par la cinquieme figure, préférablement à celle dont je viens de parler, étant plus ſimple, par conſéquent d'une moindre dépenſe, eu égard à l'exécution & à l'entretien; car plus une machine eſt compoſée, & plus il y a de pieces ſujettes à ſe déranger.

Quant aux pompes des figures ſixieme & ſeptieme, j'aimerois mieux la ſeconde que la premiere, étant bien plus commode de faire refouler un piſton de bas en haut, que de haut en bas. D'ailleurs les barres de fer qu'on emploie pour cela ont beaucoup plus de force lorſqu'elles ſont tirées ſelon leur longueur, que quand elles ſoutiennent un effort qui tend à les faire plier. Le poids du chaſſis, dans la ſeptieme figure, ſuffit pour faire deſcendre le piſton, & ſurmonter la colonne d'eau qui lui eſt oppoſée; il ſe maintient perpendiculairement dans le corps de pompe, & il eſt aiſé de l'aſſujettir à cette ſituation, en mettant une portion de cercle à l'extrémité du balancier qui porte le chaſſis, au lieu que quand il refoule de haut en bas, la tige fléchit, écarte le piſton, & cauſe un grand frottement qui uſe les cuirs en très-peu de tems.

884. Il faut prendre garde de régler ſi bien la levée du piſton dans les pompes dont nous parlons, qu'il ne bouche jamais tout-à-fait en refoulant l'entrée H du tuyau montant, ou d'aſpiration, principalement à la ſeptieme figure, parce qu'il pourroit arriver que le piſton ſe trouvant tout près de la ſoupape F, lorſqu'il n'y auroit plus d'air entre-deux, il auroit à ſurmonter, en deſcendant, tout le poids de l'atmoſphere, qui cauſeroit une réſiſtance égale à la peſanteur d'une colonne d'eau, qui auroit pour baſe le cercle du piſton, & pour hauteur environ 32 pieds; de ſorte que ſi le diametre du piſton étoit de 6 pouces, ſon cercle ſeroit repouſſé de bas en haut par un effort de 440 liv. qui, ſe trouvant au deſſus du poids du chaſſis, ne manqueroit pas de le ſoutenir en l'air ſans pouvoir deſcendre.

Il ne faut pas qu'un piſton, en refoulant, bouche l'entrée d'un tuyau montant.

PLAN. I.

De-là vient qu'il arrive quelquefois qu'une pompe ceſſe tout-à-coup d'agir ſans qu'on en puiſſe deviner la cauſe, qui n'eſt ſenſible qu'à l'eſprit de ceux à qui rien n'échappe; mais pour ceux qui n'y entendent pas fineſſe, ils la cherchent en vain, & croient que cela vient de quelques défauts de la part des ſoupapes ou du piſton: on démonte la machine pluſieurs fois, on n'y voit que ce que l'on avoit déja vu, ſans ſavoir à quoi s'en prendre.

La puiſſance qui fait agir une pompe aſpirante & refoulante, n'eſt pas uniforme.

885. Aux pompes aſpirantes & refoulantes, il arrive ordinairement que la puiſſance qui leur donne le mouvement, n'agit pas d'une maniere uniforme, lorſqu'il n'y a qu'un ſeul équipage; car l'aſpiration ſe fait ſans qu'elle y ait aucune part, le ſeul poids du chaſſis qui porte le piſton ſuffiſant pour le faire deſcendre; il n'y a donc que lorſqu'il refoule qu'elle fait effort, à moins qu'il n'y ait deux équipages comme en la figure dix-ſeptieme. Moyennant une double manivelle, la puiſſance agit toujours également, puiſque tandis que l'aſpiration ſe fait d'une part, elle refoule de l'autre; ſur quoi il eſt à remarquer, que ſi l'on a un ſeul équipage qui faſſe monter l'eau ſans interruption, comme dans la figure vingtieme, toutes choſes d'ailleurs étant égales, il faut ſurmonter une puiſſance double de celle qu'il faudroit ſi les piſtons M & X agiſſoient dans deux corps de pompes ſéparés, comme en la dix-ſeptieme figure. Car pour que le piſton M puiſſe refouler l'eau de ſon corps de pompe, il faut que le chaſſis ZY ſoit accompagné d'un poids au-deſſus de la peſanteur d'une colonne d'eau qui auroit pour baſe le cercle du piſton, & pour hauteur celle du réſervoir au-deſſus du trou G; mais quand la puiſſance fera remonter le chaſſis, il lui faudra une force capable de ſurmonter, non-ſeulement la colonne d'eau que refoule le piſton X, mais encore le poids dont le chaſſis ſera chargé; ce qui fait voir que cette pompe n'eſt pas auſſi avantageuſe qu'elle a pu le paroître lorſque nous en avons fait la deſcription. Car on peut avoir le courant d'une riviere, ou tout autre moteur capable de faire agir deux pompes ſéparées, qui refouleroient l'eau alternativement, mais qui ne ſuffiroient point pour faire, par intervalle, un effort double de celui dont il ſeroit capable continuellement. Après tout, ſuppoſons que le moteur ſuffiſe, ne vaut-il pas mieux n'avoir qu'un ſeul corps de pompe ſimple, comme en la figure cinquieme ou ſeptieme, dont la ſuperficie du cercle du piſton ſeroit double de la ſuperficie de celui des piſtons M ou X, que d'en avoir un plus compoſé qui ne produiroit pas plus d'eau à la ſuite du tems? Pourvu qu'il monte par heure au réſervoir, autant d'eau que le moteur peut en fournir,

PLAN. 2.

qu'importe que ce ſoit par intervalle, ou par un jet continuel. Si M. de la Hire y avoit pris garde, il auroit peut-être fait moins d'eſtime de la pompe que j'ai citée, puiſqu'elle ſe rencontre préciſément dans le cas de celle dont je parle. PLAN. 2.

886. On peut dire la même choſe de la pompe exprimée par la vingt-cinquieme figure; car quoiqu'elle ſoit en partie de mon invention, je ne prétends pas l'épargner plus que les autres. Pour que l'eau paſſe continuellement au réſervoir, il faut que le piſton en montant refoule deux fois autant d'eau qu'il en peut paſſer dans le même tems par le trou I, afin que celle qui reſte dans le récipient puiſſe monter à ſon tour pendant l'aſpiration. Pour cet effet, le cercle du piſton doit avoir une ſuperficie double de celle du trou I; d'où il ſuit que la puiſſance ſoutient, chaque fois que le piſton monte, le poids d'une colonne d'eau qui auroit pour baſe le cercle du piſton, & pour hauteur celle du réſervoir, au-deſſus du même piſton. Or ſi le diametre du tuyau montant étoit égal à celui du piſton, l'eau monteroit tout d'une traite au réſervoir, par intervalle, à la vérité, comme dans la ſeptieme figure; mais l'on aura toujours par heure la même quantité d'eau. Ainſi les pompes vingt & vingt-cinquieme ne méritent nulle préférence ſur la ſeptieme, auſſi ne les ai-je rapporté que pour faire voir que quand on n'examine point les choſes de près, il eſt aiſé de ſe laiſſer éblouir par des avantages apparens; & voilà le cas où tombent preſque tous les Machiniſtes. Ils ſaiſiſſent avec joie une penſée ingénieuſe qui ſe préſente, & qui donne à la choſe dont il s'agit un air de nouveauté; auſſi-tôt ils publient la merveille prétendue, la multitude y applaudit. Cependant, tout bien conſidéré, il arrive ſouvent que la découverte n'aboutit qu'à rendre une machine plus compoſée qu'elle n'étoit, ſans être capable d'un plus grand effet. Car enfin il faut ſe mettre dans l'eſprit que les loix de la méchanique ont des bornes que l'on ne peut ſurpaſſer; que ſi l'on gagne d'un côté, on perd néceſſairement de l'autre. La plûpart, faute d'être convaincus de cette vérité, ont négligé de rectifier un grand nombre de machines utiles, pour ne penſer qu'à en produire de nouvelles; cependant j'oſe dire qu'il reſte encore bien des choſes à défricher, & ſans ſortir du ſujet que je traite, on va voir qu'il y a pluſieurs points eſſentiels qui ſemblent être échappés à ceux qui ont travaillé ſur les pompes.

Défaut des pompes refoulantes, qui font monter l'eau ſans interruption.

Rien ne doit ſe faire au hazard dans la conſtruction des machines, tout y doit être aſſujetti à un enchaînement de proportions qui doivent dépendre d'une ſuite de principes; & ſouvent

ces principes dépendent eux-mêmes du point principal d'où l'on eſt parti. Par exemple, voulant déterminer les rapports que les dimenſions d'une pompe aſpirante & refoulante doivent avoir entr'elles, afin de rendre cette machine la plus parfaite qu'il eſt poſſible, je conſidere d'abord que ces ſortes de pompes agiſſent par le moyen de la peſanteur de l'air, qui eſt équivalente au poids d'une colonne de mercure de 28 pouces. Mais comme l'air n'eſt pas toujours dans le même état, & qu'il peſe dans un tems plus ou moins que dans un autre, il convient de ne compter que ſur l'impreſſion dont il eſt capable lorſqu'il eſt le plus léger. Or l'expérience faiſant voir que le mercure du barometre ſimple ne deſcend jamais plus de 15 ou 16 lignes au-deſſous de la hauteur de 28 pouces, je ne regarde le poids de l'air que comme équivalent à une colonne de mercure de 26 pouces 8 lignes, ou à une colonne d'eau de 31 pieds; ainſi, ſans nous embarraſſer de la variation de l'air, nous prendrons pour maxime que ſon poids eſt égal à une colonne d'eau de 31 pieds de hauteur; & voilà le point fixe qu'il ne faut pas perdre de vue.

La perfection des pompes en général dépend de ſix choſes principales.

887. La perfection qu'on peut donner aux pompes dépend,

1°. Du diametre du piſton relativement à la force de la puiſſance motrice qui doit lui donner le mouvement.

2°. Du diametre du tuyau d'aſpiration qui doit être aſſujetti à celui du corps de pompe, à la vîteſſe du piſton, & à la hauteur où il faudra faire monter l'eau par aſpiration.

3°. De la plus grande hauteur où l'on peut élever l'eau par aſpiration, relativement au poids de l'atmoſphere, au jeu du piſton, & à la diſpoſition intérieure du corps de pompe, afin que l'eau parvienne juſqu'au piſton, & qu'elle ne rencontre point d'arrêt en chemin.

4°. De l'épaiſſeur qu'il faudra donner au corps de pompe & au tuyau montant, pour être capable de ſoutenir l'effort qui tend à les crever.

5°. De la conſtruction la plus avantageuſe des piſtons, afin que leur ſurface ait une parfaite adhéſion à celle du corps de pompe, & que jamais l'air ni l'eau ne puiſſe paſſer entre-deux.

6°. Du choix des ſoupapes, ſelon les endroits où il faudra les placer, afin que l'eau paſſe par-tout librement, ſans être forcée à couler plus vîte dans un endroit que dans l'autre.

A quoi ſe réduit l'effort d'une puiſſance qui refoule

888. Voilà ſix ſujets qui demandent d'être examinés avec beaucoup de ſoin, c'eſt ce que nous allons tâcher de faire dans l'ordre qu'on vient de les rapporter; car ce que nous avons dit juſ-

qu'ici ſur les pompes, ne ſont que des deſcriptions pour en faire connoître les différentes eſpeces, & ce ſeroit négliger l'eſſentiel que de nous en tenir là. Mais avant que d'entrer en matiere, il eſt à propos d'être prévenu que de quelque groſſeur que ſoit le tuyau montant, la puiſſance qui refoule eſt toujours chargée, dans l'état d'équilibre, d'un poids égal à celui d'une colonne d'eau qui auroit pour baſe le cercle du piſton, & pour hauteur celle du réſervoir au-deſſus de la tête du même piſton, ſoit que l'eau monte perpendiculairement, ou le long d'un plan incliné, parce que la colonne d'eau à laquelle le cercle du piſton ſert de baſe, ne peſe pas ſelon ſon volume, mais bien ſelon ſa hauteur perpendiculaire. (360)

l'eau dans un réſervoir.

889. Comme nous n'avons rien dit juſques ici de la maniere de calculer l'effort de la puiſſance qui meut un piſton dans le tems de l'aſpiration, je vais faire voir à quoi elle ſe réduit, afin qu'on n'ait point de difficulté à comprendre quelques endroits de la ſuite de ce chapitre.

De quelle maniere on doit calculer l'effort d'une puiſſance qui aſpire l'eau dans un corps de pompe.

Conſidérez les deux tuyaux NABO, & PS, l'un plus gros que l'autre, unis enſemble au fond NO, lequel eſt percé d'un trou P. Pour mieux inſinuer ce que j'ai à dire, nous ſuppoſerons que le tuyau PS répond à un autre HT, par la communication ST, comme ſi le tout formoit une eſpece de ſiphon BSTH. J'ajouterai qu'au fond du tuyau NABO, il y a un piſton M, ſoutenu par une puiſſance X, & que l'on ſuppoſe que la ligne DK eſt égale à la hauteur de la branche HT; ainſi retranchant de part & d'autre les parties égales GK, HL, il reſtera DG, égale à KR ou à LT.

PLAN. 3. FIG. 8.

Cela poſé, ſi l'on verſe de l'eau dans le tuyau NB, juſqu'à la hauteur CD, & que la peſanteur du piſton M ſoit égale au volume d'eau dont il occupe la place, la puiſſance X ſoutiendra alors le poids d'une colonne d'eau qui a pour baſe le cercle IK du piſton, & pour hauteur DK. (344) D'un autre côté, ſi l'on remplit d'eau le ſiphon PSTH, le piſton ſera pouſſé de bas haut par l'action du poids de la colonne HL ſeulement, qui fera le même effet que ſi le tuyau PS étoit auſſi gros que QNOR; (346, 347) car pour l'eau qui eſt au-deſſous de la ligne IK, elle eſt en équilibre avec elle-même; (329) c'eſt pourquoi le piſton ne ſera plus pouſſé de haut en bas que par le poids de la colonne FCDG, différence de DK à HL.

Si la puiſſance X vouloit attirer le piſton pour le faire monter, & que le tuyau HT fût continuellement entretenu plein d'eau, il eſt conſtant que cette puiſſance aura beſoin à chaque inſtant d'un

nouvel accroiſſement de force, à meſure que la ligne IL approchera de FH, parce que la hauteur de la colonne HL, qui pouſſe le piſton de bas en haut, diminuera ſelon que le piſton montera, au lieu que celle qui le preſſe de haut en bas demeurera toujours la même. Ainſi quand le piſton ſera parvenu au point E, c'eſt-à-dire, quand la ligne IK prendra la place de FG, la puiſſance X portera tout le poids de la colonne ICDK, qui par ſa nouvelle ſituation ſera devenue FABG.

Il eſt aiſé d'appliquer ce qui précede aux pompes aſpirantes; car faiſant abſtraction de la communication ST, pour ne conſidérer que le tuyau PV, dont le bout SV trempe dans l'eau, repréſentée par la ligne QY, l'on pourra prendre HT pour une colonne d'eau de 31 pieds de hauteur, équivalente au poids de l'atmoſphere (790) qui preſſe la ſurface QY, autour du tuyau d'aſpiration PV, & qui ſoutient celle qui ſeroit élevée dans le même tuyau, laquelle étant en équilibre avec la partie LT, de la colonne HT, l'autre partie HL exprimera ce qui reſte du poids de l'atmoſphere pour pouſſer le piſton de bas en haut. Celui-ci étant auſſi preſſé de haut en bas par le poids de toute l'atmoſphere, équivalent à celui de la colonne d'eau ICDK, dont la hauteur DK eſt encore de 31 pieds, il ſuit que retranchant la hauteur HL ou GK de DK, il reſtera la colonne FCDG, ou ſon égale QIKR, pour exprimer la partie du poids de l'atmoſphere qui preſſe abſolument ſur le piſton, par conſéquent la force de la puiſſance X.

Si l'on vouloit que la puiſſance X fît monter le piſton de K en G, d'un mouvement uniforme, il eſt conſtant que la force que nous venons de lui attribuer ne ſuffiroit pas, parce qu'à meſure que le piſton montera, il ſera chargé d'un plus grand poids, qui approchera toujours de plus en plus d'égaler la totalité de celui de l'atmoſphere. Ainſi il faudra que la puiſſance acquierre à chaque inſtant de nouveaux accroiſſemens de force, ſelon l'ordre des termes d'une progreſſion arithmétique, pour ſuppléer à l'action de la partie du poids de l'atmoſphere, exprimé par la colonne HL qui pouſſoit le piſton de bas en haut, & qui ira toujours en diminuant, & ſe terminera à zero, au moment que la baſe IK ſera parvenue à la hauteur FG, c'eſt-à-dire, à 31 pieds au-deſſus de la ſurface QY; alors la colonne qui le preſſe de haut en bas, ſera égale au poids de l'atmoſphere.

Remarque eſſentielle pour calculer l'effort

890. Il ſuit de-là, 1°. que la force de la puiſſance qui aſpire l'eau dans une pompe, doit être au moins égale au poids de la colonne d'eau qui auroit pour baſe le cercle du piſton, & pour hauteur la diſtance

distance de la source au piston, lorsqu'il est parvenu dans sa plus haute élévation; à quoi il faut ajouter le poids de l'eau dont le piston est surmonté, lorsqu'il s'éleve au-dessus du terme de l'aspiration pour la dégorger dans une cuvette ou réservoir. *d'une puissance qui fait agir des pompes.*

2°. Que la grosseur du tuyau d'aspiration est indifférente à la puissance qui éleve le piston, puisqu'elle soutiendra toujours le même poids. (360)

3°. Que la hauteur où l'on veut élever l'eau, étant déterminée au-dessous de 31 pieds, il n'y a pas plus d'avantage de la faire monter par aspiration de S en IK, que si le piston la puisoit dans la source même, & qu'il fût réellement chargé d'une colonne d'eau égale à IQRK, dans le cas où le corps de pompe NFGO, seroit d'une grosseur uniforme sur toute la hauteur, c'est-à-dire, qu'il devînt semblable au tuyau FQRG. Voilà l'explication que j'ai promis de donner de la pompe dont il a été fait mention sur la fin du premier volume, articles 757, 758.

Sur les diametres des corps de pompe, ou des pistons.

Quand on veut déterminer les dimensions d'une pompe, il faut, avant toutes choses, connoître, 1°. la quantité de mouvement qu'aura la force motrice qui doit la faire agir; 2°. la hauteur à laquelle il faudra élever l'eau au-dessus de la source, soit en aspirant ou en refoulant, ou des deux manieres ensemble; car c'est de-là que doit dépendre la grosseur du corps de pompe, ou le diametre du piston, qui est la premiere dimension qu'il faut déterminer pour être en état de régler les autres.

891. Selon le principe général de la méchanique, on sait que le produit de la puissance motrice, par sa vîtesse, est toujours égal au produit du poids par sa vîtesse; (85, 89) & comme il sera aisé de connoître la valeur du poids que la puissance peut élever, de quelque maniere que la machine soit construite, nous n'aurons ici égard qu'à ce poids, sans nous mettre en peine de sa vîtesse. Ainsi nous supposerons d'abord qu'il est question d'une pompe aspirante, comme celle de la premiere figure de la planche premiere, qui doit servir à élever l'eau à 26 pieds de hauteur pour la décharger dans une cuvette; & que la colonne d'eau que la puissance peut soutenir, indépendamment de la charge du piston & des ferrures qui l'accompagnent, est équivalente à un poids de 360 liv. Il s'agit de savoir quel doit être le diametre de la base de cette colonne, puisqu'il sera le même que celui du piston, ou du corps de pompe, par l'article 360. *Le diametre d'un piston doit être proportionné à la puissance qui fait agir la pompe.* PLAN. 1. FIG. 1.

Le pied cylindrique pesant 55 livres, (341) si on le multiplie par 26, on aura 1430 livres pour le poids d'une colonne d'eau qui auroit pour base un cercle de 12 pouces de diametre, & 26 pieds de hauteur; mais comme celle dont il s'agit ne doit peser que 360 liv. on dira: Si une colonne de 1430 liv. donne 144 pouces, pour le quarré du diametre de sa base, que donnera une colonne de 360 livres de même hauteur, pour le quarré du diametre de la sienne? On trouvera environ 36 pouces, dont la racine donne 6 pouces pour le diametre de la pompe.

Attention qu'il faut avoir quand une puissance fait agir à la fois plusieurs pompes aspirantes.

892. Si la puissance motrice devoit faire agir en même tems deux pompes aspirantes, & que les pistons n'élevassent l'eau qu'alternativement, afin que la puissance travaille sans interruption, & non par intervalle, il ne faudroit compter que sur le poids de la colonne d'eau dont un des pistons doit être chargé, ce qui tombe dans le cas précédent. Mais au lieu de deux pompes aspirantes, si la puissance en faisoit mouvoir 4 ou 6 à la fois, & qu'il n'y eût que la moitié du nombre des pistons qui fît monter l'eau, tandis que l'autre moitié ne seroit chargée d'aucun poids étranger: il faudroit diviser le poids que la puissance est capable d'élever par la moitié du nombre des pistons, & le quotient donnera le poids de la colonne d'eau que chacun d'eux doit soutenir, dont on cherchera le diametre de la base, relativement à la hauteur de la même colonne, pour avoir celui de tous les corps de pompe, que nous supposons uniformes.

Si l'on avoit une ou plusieurs pompes refoulantes, comme celle qui est représentée par la cinquieme figure, on trouvera de même le diametre dont il s'agit, relativement au poids que la puissance motrice peut soutenir, & à la hauteur de la colonne, ou du réservoir au-dessus de la surface de l'eau qu'on veut puiser. (890)

PLAN. 1.

Observation sur le diametre qu'il faut donner aux pompes qui aspirent & refoulent alternativement.

893. Mais si la pompe étoit aspirante & refoulante, comme celles des figures 6e, 7e & 8e, dont le réservoir fût plus élevé au-dessus du piston, lorsqu'il est parvenu en son plus bas, que ce même piston n'est élevé au-dessus de la source lorsqu'il aspire; la puissance faisant alors deux efforts séparés, l'un pour aspirer (890) & l'autre pour refouler, il faudra régler le diametre du corps de pompe (891) sur le poids de la plus haute des deux colonnes, c'est-à-dire, sur le poids de l'eau qui doit passer dans le tuyau montant.

PLAN. 1. *A quoi il faut avoir égard quand la puissance aspire &*

894. Enfin, si la puissance aspiroit d'une part & refouloit en même tems de l'autre, comme cela arrive assez souvent, il faudroit en ce cas déterminer le diametre du corps de pompe du piston qui refoule, sur le poids de la colonne d'eau qui auroit pour

hauteur l'élévation du réſervoir au-deſſus de la ſource; parce que dans ce cas, la puiſſance ſoutient enſemble le poids de la colonne qui eſt refoulée & celui de la colonne que le piſton aſpire. (890) C'eſt à quoi il faut bien prendre garde, de même qu'au nombre des piſtons qui agiront de la ſorte, pour partager le poids que la puiſſance peut élever dans le nombre des colonnes d'eau qui ſeront effectivement élevées dans le même tems, afin d'en déterminer au juſte le diametre, pour ne point tomber dans quelque erreur groſſiere, en faiſant les corps de pompe trop gros ou trop petits, comme je pourrois en citer des exemples.

refoule en même tems.

895. Quand les pompes ſont en nombre impair, la puiſſance n'agiſſant pas uniformément, il eſt à propos de faire remarquer ce qui arrive dans ce cas, afin que l'on ſache à quoi il faut avoir égard, pour déterminer le diametre des corps de pompe. Suppoſons donc que l'on aie trois piſtons ſuſpendus à une manivelle à tiers points (112) pour faire monter l'eau continuellement, & que le premier piſton, dans le tems que la machine joue, ſoit parvenu au ſommet de ſa levée, le ſecond ſera en chemin de deſcendre, & le troiſieme en chemin de monter; enſuite le premier deſcendra avec le ſecond, & le troiſieme montera ſeul; immédiatement après, le ſecond & le troiſieme monteront enſemble, & le premier deſcendra ſeul; le troiſieme étant parvenu au ſommet de ſa levée, ne tardera pas de deſcendre avec le premier, & il n'y aura plus que le ſecond qui montera ſeul, lequel étant ſuivi par le premier, ils monteront tous deux enſemble, & il n'y aura plus que le troiſieme qui deſcendra ſeul; par conſéquent il y a alternativement deux piſtons qui montent & un qui deſcend, & puis deux qui deſcendent & un qui monte. Or, ſoit que la puiſſance agiſſe pour faire deſcendre les piſtons, ce qui arrive lorſqu'ils refoulent de haut en bas, ou qu'elle agiſſe quand les piſtons remontent pour refouler de bas en haut, cette puiſſance ſoutiendra par intervalle deux colonnes d'eau au lieu d'une; mais auſſi le bras de levier qui répond à ces colonnes n'étant plus que la moitié du coude de la manivelle, tandis que celui de la puiſſance demeure le même, il ſuit que ces colonnes font le même effet que s'il n'y en avoit qu'une qui eût pour bras de levier le coude entier, qui eſt le cas de la plus grande réſiſtance, (113) tandis que la moyenne n'en eſt que les quinze-ſeiziemes. (114) C'eſt pourquoi il faut ſuppoſer que la puiſſance ne doit mouvoir qu'un ſeul piſton, & faire le cercle de chacun des trois corps de pompe égal aux quinze-ſeiziemes de celui que la puiſſance pourroit élever, afin de ſe conformer à l'article 114.

A quoi il faut avoir égard quand la puiſſance fait agir des pompes qui ſont en nombre impair.

La hauteur des corps de pompes doit se régler sur la levée des pistons.

896. Je ne dis rien de la hauteur que l'on doit donner aux corps de pompes, quoi qu'elle semble dépendre de leur diametre; cependant on ne peut pas établir un rapport entre ces deux lignes, la premiere devant être assujettie au jeu du piston, lequel dépend lui-même de la construction de la machine. Mais je ferai remarquer en passant, que ce ne sont pas les pistons qui ont le plus de levée qui font monter le plus d'eau au réservoir; dès que le diametre en est une fois déterminé, leur effet dépend de la vîtesse qu'on peut leur donner; alors il est indifférent qu'ils aient trois ou six pieds de levée, pourvu qu'ils en fassent deux de trois pieds dans le même tems qu'ils en feroient une de six; puisque ce sera toujours la même vîtesse, à moins qu'on ne soit contraint par des circonstances qui ne permettent pas de balancer sur le choix. Par exemple, lorsque la hauteur du tuyau d'aspiration est déterminée, alors on n'est pas le maître de faire le jeu du piston tel qu'on veut; puisque s'il y a un espace vuide dans le fond du corps de pompe, il faut qu'il regne une certaine proportion entre cet espace, le jeu du piston, la hauteur du tuyau d'aspiration, & le poids de l'atmosphere, comme nous le ferons voir en son lieu. Mais quand on n'est arrêté par aucune sujétion, si l'on ne peut faire enforte que la tige du piston se maintienne toujours perpendiculairement en montant & en descendant, il vaut mieux en conservant au piston la plus grande vîtesse qu'on pourra lui donner, faire les levées d'une hauteur moyenne, parce que plus elles sont hautes, & plus il y a d'obliquité dans le mouvement de la manivelle ou du balancier où est suspendue la tige; ce qui fatigue plus les pistons d'un côté que de l'autre, & empêche la puissance d'agir rondement; mais ce n'est pas ici l'endroit d'examiner cet article, nous en parlerons plus amplement ailleurs.

Dans les pompes refoulantes, il faut que le tuyau montant soit par-tout d'une grosseur uniforme, & que son diametre soit au moins égal à celui du corps de pompe.

897. Quand un corps de pompe a une branche GHLM, comme à la sixieme figure, il faut que son diametre GH, aussi-bien que celui du tuyau montant, soit au moins égal au diametre du corps de pompe, afin que l'eau que le piston refoulera passe sans contrainte; car s'il étoit plus petit, la puissance motrice seroit obligée de faire un effort au-dessus de celui qui lui convient naturellement; si je ne me suis pas conformé à cette maxime dans les figures des pompes que j'ai décrit ci-devant, ç'a été pour les rendre moins massives, & ne pas charger les planches inutilement.

PLAN. I.

Quand on a plusieurs pompes accolées, & qui répon-

898. Quand l'on a deux pompes accolées qui refoulent l'eau alternativement dans un même tuyau montant, auquel les branches ou fourches des deux pompes vont se réunir, comme dans

la figure dix-ſeptieme, il ſuffit que le diametre du tuyau montant ſoit le même que celui d'un des corps de pompe, que je ſuppoſe égaux, parce qu'il n'y aura jamais qu'un des piſtons qui refoulera à la fois; mais ſi l'on avoit trois corps de pompes dont les branches allaſſent ſe réunir à un même tuyau montant, & qu'il y eût par intervalle deux piſtons qui refoulaſſent l'eau dans le même tems, il faudroit, pour proportionner la groſſeur du tuyau montant à la quantité d'eau qui doit y paſſer, que le quarré de ſon diametre fût double de celui du diametre du corps de pompe. Comme il paroît qu'on n'a point eu égard à cette conſidération, & qu'au contraire tous les Machiniſtes s'imaginent ſoulager la puiſſance en faiſant le diametre du tuyau montant moindre que celui du corps de pompe, je vais faire enſorte de les déſabuſer d'une erreur auſſi groſſiere.

dent à un même tuyau montant, il faut que la groſſeur de ce tuyau ſoit proportionnée à la plus grande quantité d'eau qui ſera refoulée dans le même tems.

Sur l'inconvénient de faire le diametre des tuyaux montans, & celui du trou des ſoupapes des pompes refoulantes, plus petit que celui des piſtons.

899. Ayant un tuyau vertical AD toujours entretenu plein d'eau, uni à une branche horizontale CDEF, dans laquelle on a introduit un piſton P, ſoutenu par une puiſſance R, il arrivera que ſi cette puiſſance, que je ſuppoſe toujours la même, eſt inférieure à la pouſſée de l'eau, le piſton ſera chaſſé vers l'orifice EF avec une certaine vîteſſe uniforme, *& l'action relative de l'eau que ſoutiendra cette puiſſance, ſera exprimée par le quarré de la différence de la viteſſe du piſton à celle dont la chûte BD eſt capable;* (585) ainſi nommant *a*, cette chûte; *b*, celle qui répond à la vîteſſe du piſton; & *c*, la chûte capable de la vîteſſe reſpective, l'on aura $\sqrt{a} = \sqrt{b} + \sqrt{c}$ (433). Or comme le quarré de $\sqrt{a}$, qui eſt *a*, exprime la force abſolue, ou la hauteur de la colonne d'eau qui donne la chaſſe au piſton, le quarré de $\sqrt{c}$, qui eſt *c*, exprimera auſſi la force reſpective, ou la hauteur d'une colonne d'eau qui tiendroit lieu de la puiſſance appliquée au piſton. Car pour peu qu'on y faſſe attention, l'on concevra qu'il n'y a point de vîteſſe reſpective qui ne puiſſe être regardée comme une vîteſſe naturelle, qui n'a reçue aucune modification; par conſéquent point de vîteſſe reſpective qui n'ait pu être acquiſe par une chûte dont la hauteur déterminera celle de la colonne d'eau qui en exprimera la force abſolue. (570)

Maniere de calculer la force de l'action de l'eau qui coule dans un tuyau horizontal.

PLAN. 3. FIG. 1.

Pour rendre ceci plus ſenſible, avec le ſecours des Tables du premier volume, nous ſuppoſerons que la vîteſſe du piſton eſt de

5 pieds 6 pouces par ſeconde, & que la chûte BD eſt de 10 pieds, qui ſe trouve relative à une vîteſſe de 24 pieds 6 pouces, dont la différence avec celle du piſton donne 19 pieds pour la vîteſſe reſpective ($\sqrt{a} - \sqrt{b} = \sqrt{c}$); ſi l'on en cherche la chûte (c), on la trouvera de 6 pieds, qui montre que la puiſſance R, qui ſoutient le piſton P, avec une vîteſſe de 5 pieds 6 pouces par ſeconde, eſt égale au poids d'une colonne d'eau qui auroit pour baſe le cercle du piſton, & pour hauteur 6 pieds (c).

FIG. 2. *Application de l'article précédent, au calcul de la puiſſance qui meut le piſton d'une pompe refoulante.*

900. Si l'on bouche l'orifice EF, & qu'on adapte au tuyau DF une branche verticale GIKE, dont la hauteur IG ſoit égale à c, que nous venons de trouver de 6 pieds, & que le piſton P, dont je ſuppoſe la peſanteur ſpécifique égale à celle de l'eau, ſoit placé au fond GE de la branche GK; il eſt conſtant que la rempliſſant d'eau, le piſton P ſera pouſſé de bas en haut par l'eau du tuyau AD, avec une vîteſſe uniforme, exprimée dans le premier inſtant par $\sqrt{b}$, qui eſt de 5 pieds 6 pouces par ſeconde; c'eſt pourquoi nous ne conſidérerons plus que le ſiphon BCDGFI, dont la petite branche peut être regardée comme le tuyau montant d'une pompe, & la grande comme la puiſſance qui en meut le piſton; alors on pourra dire que la puiſſance ou la force abſolue du courant, eſt au poids de la colonne que ſoutient le piſton, comme BD (a), eſt à IG (c), ou comme 5 eſt à 3.

Maniere d'eſtimer le rapport de la puiſſance qui ſoutient une colonne d'eau dans l'état d'équilibre, avec celle qui la refoule pour la faire monter.

901. Il ſuit que quand un courant meut le piſton d'une pompe, il lui faut plus de force pour élever, avec une certaine vîteſſe, une colonne d'eau, que s'il la ſoutenoit ſeulement en équilibre; & que la force du courant doit être d'autant plus grande, que la même colonne ſera refoulée avec plus de vîteſſe, parce que la vîteſſe reſpective du courant demeurant la même, il faut néceſſairement augmenter ſa vîteſſe entiere, par conſéquent ſa chûte, pour accroître la vîteſſe du piſton.

En général on peut dire que *la puiſſance qui ſoutient un piſton dans l'état d'équilibre, eſt à celle qui le meut avec une certaine vîteſſe déterminée, comme le quarré de la viteſſe qu'un corps peut acquérir en tombant de la hauteur de la colonne refoulée, eſt au quarré de la viteſſe compoſée de la précédente & de celle du piſton*, parce qu'en ſuppoſant, comme nous faiſons ici, que le courant agit immédiatement ſur le piſton, la hauteur de la colonne refoulée exprimera le quarré de la vîteſſe reſpective, par conſéquent la puiſſance qui ſoutient cette colonne dans l'état d'équilibre, tandis que celle qui meut le piſton doit l'être par le quarré de la vîteſſe entiere, laquelle eſt toujours compoſée de la vîteſſe reſpective & de celle du piſton. (899)

On tire des articles précédens une regle pour connoître la

force qui doit mouvoir le piſton d'une pompe, dont la hauteur du tuyau montant eſt déterminée: pour cela, il faut chercher la vîteſſe relative à une chûte égale à celle de la hauteur où l'on veut élever l'eau, ajouter à cette vîteſſe celle que le piſton doit avoir par ſeconde; la chûte capable de la ſomme de ces deux vîteſſes exprimera la hauteur de la colonne d'eau qui déterminera la force que l'on demande.

PLAN. 5. FIG. 3. *Démonſtration pour faire voir le défaut des tuyaux montans, d'un diametre plus petit que celui du corps de pompe.*

902. Suppoſant un nouveau ſiphon ACEG, dont les branches AB, DF ſoient de même diametre, auſſi-bien que la communication CD, & qu'on ait adapté à la petite branche DF un tuyau HMI d'un diametre plus petit, que nous prendrons pour le tuyau montant d'un corps de pompe DF, il eſt conſtant que rempliſſant d'eau l'un & l'autre, il faudra beaucoup plus de force à la colonne AB, qui doit donner la chaſſe au piſton P, pour lui faire parcourir l'eſpace DG d'un mouvement uniforme, dans un certain tems déterminé, qu'il ne lui en faudroit pour faire faire à ce piſton le même chemin dans le même tems, ſi le tuyau montant étoit d'une groſſeur uniforme au corps de pompe, quoique dans l'état d'équilibre le piſton ſoit toujours également chargé (349), parce qu'il faudra que cette force comprime l'eau qne contient le corps de pompe, de maniere à lui imprimer une vîteſſe au paſſage de l'orifice HI, qui ſoit à celle du piſton, dans la raiſon réciproque du quarré du diametre GF, au quarré du diametre HI; ce qui eſt bien évident par l'article 455, où il eſt démontré que *lorſqu'il ſort de deux orifices différens des quantités d'eau égales dans des tems égaux, il faut que les viteſſes de l'eau ſoient dans la raiſon réciproque des orifices, ou des quarrés de leur diametre.* Ainſi nommant D, le diametre GF du corps de pompe, d, celui du tuyau montant HMI; V, la vîteſſe que doit avoir l'eau au paſſage de l'orifice HI, & u, celle du piſton, l'on aura DD, dd :: V, u, d'où l'on tire D^4, d^4 :: VV, uu.

Comparaiſon des forces qu'il faut à la puiſſance qui refoule l'eau dans des tuyaux de différentes groſſeurs.

903. Ayant vu dans l'article 431 que *les forces qui impriment les viteſſes à l'eau, ſont dans la raiſon des quarrés des mêmes viteſſes;* nommant F la force qu'il faudroit à la puiſſance qui refoule l'eau dans le tuyau HMI, & f, celle qu'il faudroit pour la faire monter dans le tuyau GKNF, de même groſſeur que le corps de pompe, l'on aura F, f :: VV, uu; que ſi, à la place des deux derniers termes de cette proportion, l'on met D^4 & d^4, qui ſont dans le même rapport, l'on aura F, f :: D^4, d^4, qui montre que *lorſqu'on aura deux tuyaux montans d'égale hauteur, unis à des corps de pompes de même calibre, le premier de ces tuyaux d'un diametre égal à celui du piſton, & l'autre d'un diametre plus petit, il faudra que les forces employées*

pour faire monter une égale quantité d'eau dans le même tems, soient dans la raison réciproque des quarrés quarrés, ou des quatriemes puissances des diametres des tuyaux montans.

Par exemple, l'on a un corps de pompe de 8 pouces de diametre, répondant à un tuyau montant de 4 pouces seulement; leur rapport sera celui de 2 à 1, dont les quatriemes puissances sont 16 & 1; or si l'on prend l'unité pour exprimer la force qu'il faut à la puissance pour faire monter une colonne d'eau dans un tuyau d'un diametre égal à celui du corps de pompe, il faudra que cette puissance soit exprimée par 16, pour refouler l'eau en même quantité, & dans le même tems, par un tuyau dont le diametre ne seroit que la moitié de celui du piston.

Il faut aussi que l'eau, en passant par le trou des soupapes, n'y rencontre aucun obstacle. FIG. 3.

Les mêmes choses subsisteroient encore, supprimant le tuyau HMI, pour en substituer un autre GKNF, d'un diametre égal à celui du corps de pompe, s'il y avoit à l'endroit GF un diaphragme percé d'un trou HI, plus petit que le cercle du piston, parce que la puissance qui poussera ce piston, trouvera la même résistance à vuider le corps de pompe que si le tuyau HM y étoit, en faisant abstraction du surcroît de frottement que ce tuyau peut faire naître; ce qui montre la conséquence de ne point faire le diametre de la soupape qui est au bas du tuyau montant, plus petit que celui du corps de pompe, comme nous le ferons voir plus particuliérement dans les articles 963, 964.

Lorsqu'une même puissance refoule l'eau dans des tuyaux de différentes grosseurs, les tems de la levée du piston sont dans la raison réciproque des quarrés des diametres des tuyaux montans.

904. Si la puissance qui refoule l'eau sans obstacle, par un tuyau montant de même grosseur que le corps de pompe, n'étoit pas susceptible d'accroissement, & que restant la même, elle fût contrainte de refouler l'eau dans un tuyau plus petit; *les tems qu'il lui faudra dans ces deux cas pour faire faire le même chemin au piston, seront dans la raison réciproque des quarrés des diametres des tuyaux montans & du corps de pompe.* (460) Ainsi dans l'exemple de l'article 903, s'il falloit à la puissance 5 secondes pour faire faire naturellement au piston un chemin de 18 pouces, il lui en faudroit 20 dans le second cas pour lui faire parcourir le même espace.

905. Je n'ai point eu égard aux quantités de mouvement de la puissance dans les deux cas où nous avons considéré son action, parce que lui ayant supposé la même vîtesse, ses quantités de mouvement doivent être dans le rapport des résistances qu'elle aura à surmonter. Cependant on remarquera que lorsque cette puissance sera un courant, la raison réciproque des quarrés quarrés des diametres, ne peut avoir lieu que dans la comparaison des forces relatives du courant, & non pas des forces absolues provenant des vîtesses

vîteſſes entieres dont il peut être ſuſceptible.

906. Le principal objet d'un piſton qui refoule l'eau, étant de la faire monter beaucoup plus haut que le niveau de la ſource, il n'arrive jamais que la chûte du courant qui le meut ſoit plus élevée que le tuyau montant, comme on l'a vu dans les articles 900, 902, parce que le courant, au lieu d'agir immédiatement ſur le piſton, agit ſur les aubes d'une roue, dont la ſuperficie de chacune eſt beaucoup plus grande que celle du piſton; alors la regle que l'on doit ſuivre, après avoir déterminé la vîteſſe de la roue, *eſt de faire enſorte que la ſuperficie du piſton, celle d'une des aubes, la hauteur où l'on veut élever l'eau, & la chûte capable de la viteſſe reſpective du courant, compoſent quatre termes réciproquement proportionnels;* ou, ce qui revient au même, que le produit de la chûte dont nous parlons, par la ſuperficie d'une des aubes, ſoit égal au produit du cercle du piſton, par la hauteur où l'on veut élever l'eau. On trouvera à la fin du quatrieme chapitre pluſieurs formules qui comprennent tout ce que l'on peut deſirer ſur ce ſujet.

Regle pour déterminer le rapport de la force du courant qui meut une pompe, au poids de la colonne d'eau que le piſton refoule.

Il ſuit des articles 901, 904, que quand une puiſſance fera mouvoir une pompe ſans défaut, c'eſt-à-dire, une pompe refoulante où le diametre du tuyau montant & celui du trou de la ſoupape ſeront les mêmes que celui du piſton, l'on pourra toujours connoître quelle eſt la force qu'il faudra à cette puiſſance pour refouler l'eau avec une certaine vîteſſe déterminée, relative à la quantité d'eau qu'on voudra faire monter par heure au réſervoir.

Sur la hauteur où l'on peut élever l'eau par aſpiration, eu égard aux dimenſions des pompes.

On a dû remarquer dans les figures rapportées ſur la premiere & la ſeconde planches, que le diametre des tuyaux d'aſpiration étoit beaucoup plus petit que celui des corps de pompes auxquels ils appartenoient, parce qu'ordinairement le piſton n'a pas tant de vîteſſe en aſpirant que l'eau en a pour monter dans le corps de pompe, lequel doit être plein au moment que le piſton eſt parvenu à ſa plus haute élévation. Pour que cela arrive, il doit régner une certaine proportion entre la ſuperficie de ſon cercle, celle de celui du tuyau d'aſpiration, la vîteſſe de l'eau en montant & celle du piſton; pour en bien juger, nous ferons abſtraction des pompes pour un moment, afin d'établir d'abord quelques principes préliminaires qui faciliteront l'intelligence de ce que j'ai deſſein d'inſinuer.

Examen des différentes viteſſes de l'eau qui monte dans un tuyau vertical.

PLAN. 3. FIG. 9 & 10.

Si l'on a un ſiphon CBFG d'une groſſeur uniforme, accompagné d'un robinet T, enſorte que la premiere branche AE ſoit toujours entretenue pleine d'eau, malgré la dépenſe qui s'en pourra faire; il eſt conſtant que ſi tout le reſte du ſiphon ſe trouve vuide, & que l'on ouvre ſubitement le robinet, l'eau coulera d'abord dans la communication VX, avec une vîteſſe uniforme, égale à celle qu'un corps peut acquérir en tombant de la hauteur AB, mais qui ira enſuite en diminuant de plus en plus, à meſure que la ſeconde branche ſe remplira.

Pour faire voir dans quel ordre diminuera la vîteſſe de l'eau à tous les points Q de la hauteur GS, où ſa ſurface QR ſe trouvera en montant, il faut décrire ſur les lignes AB, CD, comme axe, avec un même parametre, deux paraboles égales CPH & BKI, ſituées dans un ſens oppoſé. Alors ſi l'on acheve le rectangle AM, & que l'on mene à la ligne horizontale IG autant de paralleles LR que l'on voudra; prenant l'ordonnée AI, ou ſon égale DH, pour exprimer la vîteſſe entiere & uniforme de l'eau au pied de la chûte CD, il eſt conſtant que l'ordonnée OP exprimera de même la vîteſſe de la chûte CO, tandis que l'ordonnée NK exprimera la vîteſſe de la chûte NB ou QS. Or je vais prouver que la vîteſſe qu'aura la ſurface QR de l'eau dans la ſeconde branche, lorſqu'elle ſera parvenue au point Q, ne doit point être exprimée par l'ordonnée OP qui lui répond, comme on l'a cru juſqu'ici, mais bien par la ligne LK, différence de la vîteſſe LN, ou MB, de la chûte AB à la vîteſſe NK.

Les différentes viteſſes de l'eau qui monte dans un tuyau vertical, doivent être exprimées par la différence des racines de la chûte & de celles des hauteurs où le niveau de l'eau ſe trouve en montant au-deſſus du pied de la chûte.

907. On a vu dans l'article 899, que la hauteur QS ou NB de la colonne SR, étoit égale à la chûte capable de la vîteſſe reſpective de l'eau de la chûte CD, c'eſt-à-dire, à l'excès de la vîteſſe entiere de cette chûte à celle de la ſurface de l'eau au point Q. Or comme cette vîteſſe relative eſt exprimée par l'ordonnée NK, ſa différence LK avec la vîteſſe entiere MB ou LN exprimera donc la vîteſſe retardée de l'eau dans la communication DX, qui eſt la même que celle de la ſurface QR au point Q.

Comme il en ſera de même pour toutes les vîteſſes retardées que l'eau aura en rempliſſant la branche GF, il ſuit que la ſomme de toutes ces vîteſſes ſera exprimée par celle des élémens du complément parabolique MIKB, au lieu qu'on a coutume d'eſtimer cette ſomme par celle des élémens de la parabole DCPH ou ABHI, parce qu'on exprime ordinairement la vîteſſe de l'eau au point Q par la racine de la charge CO, au lieu qu'elle doit l'être par la différence des racines des hauteurs CD & QS, comme j'aurai

occaſion de le faire voir plus particuliérement ailleurs. J'ai moi-même été long-tems dans l'erreur ſur ce point, & j'y ſerois peut-être encore, ſi je ne m'étois déſabuſé en faiſant le calcul d'une machine que j'ai imaginée, & qu'on trouve au commencement du quatrieme Livre. PLAN. 3. FIG. 9 & 10.

Le complément parabolique MIKB n'étant que la moitié de la ſuperficie ABKI de la parabole, on voit que la ſomme de toutes les vîteſſes retardées de l'eau, en rempliſſant la ſeconde branche, n'eſt que la moitié de la ſomme des vîteſſes ſur laquelle on a coutume de compter, d'où il ſuit qu'il faut à la branche FG, pour ſe remplir, le double du tems de celui qu'on eſtime ordinairement.

Il ſuit encore que puiſque le complément MIKB n'eſt que le tiers du rectangle MB, il faut à la branche BF, pour ſe remplir, le triple du tems qu'il lui faudroit ſi l'eau y montoit toujours avec une vîteſſe uniforme, exprimée par MB.

Enfin il ſuit que la ſomme des vîteſſes de l'eau, en montant de Q en *q*, au lieu d'être exprimée par la ſomme des élémens du quadrilatere mixte PO*op*, doit l'être par celle du quadrilatere KL*lk*.

Examen de ce qui arrive lorſqu'il y a un piſton dans la branche où l'eau monte.

908. Nous ſervant d'un autre ſiphon pareil au précédent, dont la premiere branche ſoit toujours entretenue pleine d'eau, & la ſeconde ſeulement juſqu'à la hauteur QR, parce qu'elle eſt retenue par un piſton P que ſoutient une puiſſance T; je dis que ſi cette puiſſance fait monter le piſton de R en C, avec une vîteſſe toujours uniforme, il arrivera l'un des deux cas ſuivans. PLAN 3. FIG. 11.

Quoique l'eau ne ſoit pas libre, elle tendra toujours, en accompagnant le piſton de R en C, à monter avec toutes les vîteſſes différentes dont elle peut être ſuſceptible; mais ſi en chemin faiſant elle ſe trouve réduite à une vîteſſe moindre que celle du piſton, elle ceſſera de le ſuivre, & il y aura un eſpace vuide entre-deux, qui croîtra de plus en plus à meſure que la vîteſſe de l'eau deviendra inférieure à celle du piſton: voilà le premier cas.

Si, pour le ſecond cas, la plus petite vîteſſe de l'eau ſe trouve fort ſupérieure à celle du piſton, non-ſeulement il n'y aura point d'eſpace vuide entre-deux, mais il arrivera au contraire que l'eau pourroit remplir dans le tems de la levée du piſton un eſpace beaucoup plus grand que RQ*bc*.

Les articles précédens peuvent s'appliquer à la théorie des pompes aſpirantes.

909. Suppoſant que les branches du ſiphon ſoient chacune de 31 pieds de hauteur, le poids de l'eau de la premiere AD pourra être pris pour celui de l'atmoſphere (886), & ne conſidérant plus que le ſeul tuyau GL trempant dans l'eau juſqu'au niveau DM, il

arrivera que ſi, par quelque cauſe que ce ſoit, ce tuyau eſt privé d'air groſſier, l'eau y montera naturellement de F en R juſqu'à la rencontre du piſton, (790) & agira à ſon égard avec les circonſtances qui appartiennent à l'un ou l'autre des deux cas précédens, c'eſt pourquoi l'on peut regarder le tuyau GL comme une pompe aſpirante & uniforme, dont la hauteur RC marqueroit le jeu du piſton.

Il ſuit du premier cas, que lorſque dans une pompe aſpirante la vîteſſe de l'eau, en montant, eſt moindre que celle du piſton, il ſe forme un eſpace vuide, qui eſt cauſe que la pompe ne fournit point la quantité d'eau qu'elle devroit donner, quoique l'aſpiration ſe faſſe à une hauteur fort au-deſſous de 31 pieds, parce que le piſton venant à deſcendre avant que le corps de pompe ſoit rempli, l'on perd à chaque relevée un volume d'eau égal au vuide. Que ſi cet inconvénient peut arriver dans le cas même où le diametre du tuyau d'aſpiration ſeroit égal à celui du corps de pompe, à plus forte raiſon ſi l'on faiſoit ce tuyau beaucoup plus étroit, parce que l'eau montant avec moins d'abondance, mettra plus de tems à remplir le corps de pompe, abandonnera plus promptement le piſton, par conſéquent laiſſera un plus grand vuide entre-deux.

Le corps de pompe ſe remplira toujours par aſpiration lorſque les quarrés des diametres du piſton & du ruyau d'aſpiration ſeront en raiſon réciproque de la viteſſe de l'eau & de celle du piſton.

910. Il ſuit au contraire du ſecond cas, que lorſque la plus petite vîteſſe de l'eau, conſidérée comme uniforme, ſera beaucoup plus grande que celle du piſton, il n'y aura point d'eſpace vuide, & l'on pourra faire le corps de pompe plus gros que l'aſpirant, ſans craindre que l'eau abandonne jamais le piſton; *c'eſt de quoi l'on ſera aſſuré lorſque les quarrés des diametres du piſton & du tuyau d'aſpiration, la plus petite viteſſe de l'eau, & celle du piſton, ſeront réciproquement proportionnels*, parce qu'alors le volume intérieur du corps de pompe ſera toujours moindre que celui de la colonne d'eau qui pourroit y entrer dans le tems de la levée du piſton. Or j'eſtime qu'on ne peut guere donner à un piſton plus de quatre pieds de vîteſſe par ſeconde, ſans expoſer les parties de la machine au danger d'être bientôt rompues; & de toutes celles qui ſont venues à ma connoiſſance, je n'en ai point vu dont le mouvement ait autant d'activité.

Nommant a, la hauteur de la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmoſphère; b, la plus grande élévation du piſton au-deſſus de la ſurface de l'eau de la ſource; $\sqrt{a}-\sqrt{b}$ exprimera la plus petite vîteſſe de l'eau qui montera dans le corps de pompe (899) & non pas $\sqrt{a-b}$, ce qui eſt bien différent; car l'on a $a+b-2\sqrt{ab}$

pour la chûte capable de cette vîteſſe, au lieu de $a - b$, ſelon la méthode ordinaire. Ainſi, *pour avoir cette chûte, il faut chercher une moyenne proportionnelle entre la hauteur de la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmoſphere, & celle de la plus grande élévation du piſton au-deſſus de la ſource, doubler cette moyenne, & la ſouſtraire de la ſomme des deux extrêmes.*

Par exemple, ayant $a = 31$ pieds, (886) nous ſuppoſerons $b = 16$, ainſi la moyenne entre ces deux nombres ſera à peu près de 22 pieds 3 pouces, qui, étant doublée, donne 44 pieds 6 pouces qu'il faut ſouſtraire de 47, ſomme des mêmes nombres, la différence ſera de 2 pieds 6 pouces pour la chûte, au lieu que ſelon l'idée commune, elle ſeroit de 15 pieds. Je laiſſe à penſer de quelle conſéquence peut être dans la pratique la différence qui naît de cette erreur.

911. Pour établir une formule générale qui renferme tout ce qui peut appartenir au ſujet dont nous parlons, nous nommerons V, la plus petite vîteſſe de l'eau qui monte dans le corps de pompe; u, celle du piſton; D, le diamerre du corps de pompe; & d, celui du tuyau d'aſpiration; alors on aura (910) $V, u :: DD, dd$, d'où l'on tire $Vdd = uDD$, qui eſt une équation compoſée ſeulement de quatre grandeurs différentes, dont il eſt aiſé d'avoir l'une d'elles moyennant la connoiſſance des trois autres.

Application d'une formule générale à la maniere de trouver le diamètre & la hauteur du tuyau d'aſpiration.

Par exemple, ſi l'on avoit une pompe aſpirante de 6 pouces de diametre, dont le piſton, ſelon la diſpoſition de la machine & la vîteſſe du moteur, dût faire 20 relevées par minute, chacune de 2 pieds, & qu'il employât autant de tems à monter qu'à deſcendre, ce piſton fera 80 pieds de chemin en une minute, & aura par conſéquent 16 pouces de vîteſſe par ſeconde.

Je ſuppoſe en ſecond lieu que la plus haute élévation du piſton au-deſſus des plus baſſes eaux, eſt de 18 pieds, & qu'il s'agit de ſavoir le diametre qu'il faudra donner au tuyau d'aſpiration, pour que le corps de pompe ſe rempliſſe toujours dans le tems de la levée du piſton. Pour cela il faut chercher les vîteſſes uniformes par ſeconde, des chûtes de 31 (886, 909) & de 18 pieds (176), qu'on trouvera de 43 & de 32 pieds 9 pouces, dont la différence donne 10 pieds 3 pouces pour la plus petite vîteſſe de l'eau.

On a donc $D = 6$ pouces, $u = 1\frac{1}{3}$ pieds, & $V = 10$ pieds, en négligeant la fraction, qui étant ſubſtitués dans $\sqrt{\frac{uDD}{V}} = d$, donne 2 pouces 2 lignes 3 points pour le diametre que l'on demande, mais qu'il convient de faire au moins de 2 pouces 6 lignes, pour avoir égard aux frottemens.

Quand on connoîtra la vîteſſe du piſton, le diametre du corps de pompe & celui du tuyau montant, l'on aura $\frac{uDD}{dd} = V$ pour la plus petite vîteſſe de l'eau, *qu'on trouvera en multipliant le quarré du diametre du piſton par la viteſſe du même piſton, & en diviſant le produit par le quarré du diametre du tuyau d'aſpiration ;* enſuite il faudra retrancher cette vîteſſe de celle qui eſt relative à la colonne d'eau, équivalente au poids de l'atmoſphere ; la différence donnera la vîteſſe reſpective, dont il n'y aura plus qu'à chercher la chûte qui déterminera la plus haute élévation du piſton au-deſſus des plus baſſes eaux de la ſource, ſi ſon niveau eſt ſujet à varier, par conſéquent la ſituation de la pompe.

Suppoſant qu'on ait trouvé 10 pieds 3 pouces pour la plus petite vîteſſe de l'eau, il faudra la retrancher de 43 pieds, la différence donnera 32 pieds 9 pouces pour la vîteſſe reſpective ; ainſi cherchant la chûte capable de cette vîteſſe (177), l'on trouvera 18 pieds pour la plus grande élévation du piſton.

De même quand on connoîtra le diametre du corps de pompe, celui du tuyau d'aſpiration, & la plus grande élévation du piſton, par conſéquent la plus petite vîteſſe de l'eau, on pourra déterminer la vîteſſe que doit avoir le piſton, pour que le corps de pompe ſe rempliſſe, puiſqu'alors on a $\frac{Vdd}{DD} = u$, qui montre *qu'il faut multiplier la plus petite viteſſe de l'eau par le quarré du diametre du tuyau d'aſpiration, & diviſer le produit par le quarré du diametre du piſton.*

Enfin quand on connoîtra la vîteſſe du piſton, le diametre du tuyau d'aſpiration, & la plus haute élévation du piſton, ou la plus petite vîteſſe de l'eau, on déterminera auſſi le diametre du corps de pompe, puiſqu'on a $\sqrt{\frac{Vdd}{u}} = D$, *qui montre auſſi qu'il faut multiplier le quarré du diametre du tuyau d'aſpiration par la plus petite viteſſe de l'eau, diviſer le produit par la viteſſe du piſton, & extraire la racine quarrée du quotient.*

Lorſque les pompes ſont aſpirantes & refoulantes, & ſituées ſur une riviere, il n'eſt pas néceſſaire que les piſtons aſpirans ſoient élevés autant qu'ils peuvent l'être au-deſſus du niveau des plus baſſes eaux, puiſqu'il ſuffit d'établir les corps de pompe à une hauteur convenable au-deſſus des plus grandes, pour que la machine ne ſoit point ſubmergée, parce que les corps de pompe & les tuyaux d'aſpiration ne pouvant jamais être ſi bien raccordés enſemble,

qu'ils ne ſe forme à la longue des pertuis imperceptibles par où l'air extérieur s'inſinue, il convient, dans la pratique, de donner toujours à l'aſpiration moins de hauteur que celle qu'on aura trouvé par le calcul.

912. Il eſt eſſentiel de remarquer que dans tout ce que nous venons de dire ſur les pompes aſpirantes, nous avons ſuppoſé que l'air en avoit été entiérement évacué avant même que le piſton eût commencé à jouer, afin de n'avoir égard qu'à la diminution de la vîteſſe de l'eau en montant, cauſée par l'augmentation de ſon propre poids; mais comme cette ſuppoſition ne peut avoir lieu quand l'eau ne monte que par degrés dans l'aſpirant, à meſure que le piſton en évacue l'air, lequel ne ceſſe de retarder la vîteſſe que l'eau auroit naturellement, ſi elle ne rencontroit pas cet obſtacle (868); il nous reſte à conſidérer la modification que l'action de l'atmoſphere peut recevoir de la part du poids de l'eau qui monte, & de celle du reſſort de l'air qui lui réſiſte dans la pompe, afin de déduire de cette recherche la hauteur qu'il faut donner au tuyau d'aſpiration, relativement à la ſituation de la ſoupape inférieure, au jeu du piſton & au poids de l'atmoſphere. Mais pour rendre auſſi ſimple qu'il eſt poſſible les calculs qui ont rapport à ce ſujet, nous n'y ferons point entrer la vîteſſe du piſton ni celle de l'eau en montant, afin de ne conſidérer les choſes que dans l'état d'équilibre, (869) c'eſt-à-dire, dans l'état où elles ſe trouvent, lorſqu'à chaque relevée le piſton étant parvenu à ſa plus haute élévation, l'eau ceſſe de monter; ce qui convient d'autant mieux, que notre principal objet eſt de déterminer dans quelles occaſions l'eau peut s'arrêter en montant dans une pompe aſpirante.

La hauteur où l'on peut élever l'eau par aſpiration dépend encore de pluſieurs conſidérations auxquelles il faut avoir égard.

913. La ſituation de la ſoupape inférieure par rapport au jeu du piſton, peut faire naître trois cas différens; le premier, lorſque cette ſoupape étant placée dans le fond du corps de pompe, le piſton en approche immédiatement, ne laiſſant que très-peu de vuide entre-deux, comme dans la figure ſixieme, où l'on ſuppoſe que la ſoupape S étant fermée, la baſe OP du piſton peut toucher toutes les fois qu'elle deſcendra le fond QR. Le ſecond, lorſque la ſoupape inférieure eſt placée au bas du tuyau d'aſpiration, c'eſt-à-dire, lorſqu'elle eſt auſſi éloignée qu'elle peut l'être du piſton, comme dans la figure cinquieme, où la ſoupape P trempe dans l'eau même que l'on veut élever, & ſoutient, quand le piſton baiſſe, le poids de celle qui eſt montée. Enfin le troiſieme, lorſque cette ſoupape étant placée dans le fond du corps de pompe, le piſton

L'emplacement des ſoupapes fait naître trois cas différens.

PLAN. 3. FIG. 6.

FIG. 5.

n'en peut approcher qu'à une certaine distance, pour des raisons qui ne permettent pas d'en user autrement.

Examen du premier cas. FIG. 6.

914. Il est à remarquer que dans le premier cas on peut faire monter l'eau, dans une pompe aspirante, à une hauteur qui approchera plus de 31 pieds que dans les deux autres; car l'air du tuyau d'aspiration étant totalement épuisé, l'eau ne manquera pas de suivre le piston, au moment qu'elle sera parvenue à la hauteur Y, parce qu'elle trouvera un vuide dans le corps de pompe où il ne pourra y avoir qu'un air extrêmement dilaté, dont le ressort n'aura point assez de force pour s'y opposer; lorsque le piston descendra immédiatement après, l'air & l'eau passant au travers du trou T du piston, il n'y aura plus du tout d'obstacle dans les levées suivantes qui puisse empêcher l'eau de monter jusqu'à une certaine hauteur, qui sera toujours inférieure à celle de 31 pieds, parce que selon les articles 901, 902, il faudra que cette hauteur soit ménagée, relativement à la moindre vîtesse de l'eau, à celle du piston, aux quarrés des diametres du corps de pompe & du tuyau d'aspiration, qui doivent, comme nous l'avons dit (910), être toujours réciproquement proportionnels, indépendamment de la solution des problêmes qu'on va voir que M. *Parent* a proposé sur ce sujet.

Comme les pompes aspirantes les plus parfaites, sont celles qui élevent l'eau à une plus grande hauteur, on voit qu'on ne peut leur donner cet avantage, qu'autant qu'il y a le moins de vuide qu'il est possible entre la soupape & le piston, & qu'il seroit à souhaiter qu'il n'y en eût point du tout; mais ne pouvant éviter totalement ce vuide, parce que le trou dont le piston est percé, en fait naître indispensablement un, dans lequel l'air que l'on veut évacuer se condense toutes les fois que le piston descend; il faut sur-tout bien prendre garde de ne pas l'augmenter, comme il arrive à la plûpart des ouvriers, qui, au lieu de disposer la bande de cuir du piston, dans le sens où elle est exprimée à l'endroit MN de la sixieme figure, la mettent dans un sens opposé, comme on le voit dans la cinquieme, où le piston ne descendant point jusqu'au fond du corps de pompe, occasionne un surcroît de vuide fort mal à propos.

Examen du second cas. FIG. 5.

915. De tous les endroits où l'on peut placer une soupape, il n'y en a pas de plus désavantageux que celui du second cas; car quand même la base du piston E viendroit toucher le fond du corps de pompe, on trouvera toujours beaucoup de difficulté à expulser l'air du tuyau d'aspiration, & on ne fera jamais monter l'eau

l'eau auſſi haut que ſi la ſoupape étoit au fond du corps de pompe, comme on en va juger. PLAN. 3. FIG. 6.

Lorſque, dans la figure ſixieme, on veut expulſer l'air, à chaque levée celui du tuyau d'aſpiration VX, ſe dilate dans le corps de pompe; & toutes les fois que le piſton deſcend, il en chaſſe un volume égal à la capacité de ſon jeu. Ainſi plus cette capacité eſt grande, par rapport à celle du tuyau d'aſpiration, plus l'évacuation eſt prompte & facile; au lieu que quand la ſoupape eſt placée en bas, le piſton, en deſcendant, ne peut évacuer qu'un volume d'air égal à celui de l'eau qui paſſe dans le tuyau d'aſpiration. Comme il entre toujours moins d'eau dans ce tuyau à meſure qu'elle y eſt plus élevée, il ſort par conſéquent de la pompe des volumes d'air qui vont toujours en décroiſſant, juſqu'à l'inſtant où il n'en ſort plus du tout. Alors, à moins que la hauteur du tuyau d'aſpiration ne ſoit médiocre, l'eau ne paſſe pas dans le corps de pompe & reſte à une certaine hauteur GY, ſans qu'il ſoit poſſible de la faire monter plus haut, quoique l'on continue à faire jouer le piſton, parce que, ſelon l'article 815, il y a un moment où le poids de la colonne d'eau ZGY, joint à la force du reſſort qui ſera reſté à l'air qu'on n'a pu expulſer, eſt en équilibre avec l'atmoſphere. Pour faire voir la différence que cauſe l'emplacement des ſoupapes, toutes choſes d'ailleurs étant égales, nous allons chercher à quelle hauteur on peut faire monter l'eau dans la figure cinquieme. Pour cet effet, nous ſuppoſerons que l'on a réduit la groſſeur du corps de pompe à celle du tuyau d'aſpiration, afin que ces deux tuyaux ayant le même diametre, on puiſſe prendre leur hauteur à la place de leur capacité: cela poſé, nous nommerons a, la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmoſphere; b, la hauteur IL du tuyau d'aſpiration, au deſſus de la ſurface de l'eau QR; c, la hauteur réduite du jeu de piſton, & x, la plus haute élévation de l'eau dans la pompe.

Maniere de calculer la hauteur où l'eau peut monter dans les pompes du ſecond cas.

716. Quand l'eau ſera parvenue à la hauteur GY, ſans pouvoir paſſer outre, & que le piſton, que nous ſuppoſerons plein, ſera deſcendu juſqu'au fond du corps de pompe, l'air ſera réduit dans l'eſpace GI, qu'on peut exprimer par $b-x$; & comme cet air eſt alors dans ſon état naturel, il ſera en équilibre avec le poids de l'atmoſphere. Mais lorſque le piſton ſera monté au plus haut de ſon jeu, cet air ſe dilatera dans un eſpace plus grand que le précédent, de toute la capacité du corps de pompe, que nous avons nommée c, qui étant ajoutée avec $b-x$, l'on aura $b+c-x$, pour exprimer la dilatation de l'air qui ne ſera plus en équilibre qu'avec

ce qu'il manque à la hauteur YL pour égaler une colonne d'eau de 31 pieds, c'eſt-à-dire, avec $a-x$. Mais l'on ſait, par l'article 815, que le produit de l'eſpace qu'occupe un certain volume d'air par la charge qu'il ſoutient, eſt toujours égal au produit de l'eſpace où il s'eſt condenſé & dilaté, par la charge qu'il peut ſoutenir alors. Ainſi multipliant a par $b-x$, & $a-x$ par $b+c-x$, on aura $ab+ac-aa-bx-cx+xx=ab-ax$, ou bien $xx-bx-cx+ac=0$ après la réduction; & faiſant $b+c=d$, on aura $xx-dx=-ac$. Ajoutant de part & d'autre le quarré de la moitié du coefficient du ſecond terme, pour avoir un quarré parfait, il viendra $xx-dx+\frac{dd}{4}=\frac{dd}{4}-ac$, dont les racines ſont $x-\frac{d}{2}=\sqrt{\frac{dd}{4}-ac}$, & $\frac{d}{2}-x=\sqrt{\frac{dd}{4}-ac}$; faiſant attention que la ſeconde $\frac{d}{2}-x$, eſt celle que l'on doit prendre préférablement à la premiere, puiſque le quarré xx vient de la multiplication de $-x$ par $-x$, par conſéquent le réſultat donne $x=\frac{d}{2}-\sqrt{\frac{dd}{4}-ac}$.

Si l'on ſuppoſe la hauteur IL du tuyau d'aſpiration de 28 pieds, & que la hauteur BX du jeu du piſton ſoit de 2 pieds; la plus haute élévation VX du jeu du piſton, au-deſſus de la ſurface de l'eau QR ſera de 30 pieds, qui eſt la hauteur où l'eau pourroit monter, ſi la ſoupape inférieure étoit placée au fonds du corps de pompe, & que le piſton, en deſcendant, pût la toucher, comme dans la ſixieme figure; mais cela n'étant point, cherchons, en ſuivant ſes dimenſions, juſqu'à quelle hauteur elle pourra monter.

Si l'on ſuppoſe le diametre du corps de pompe double de celui du tuyau d'aſpiration, la hauteur réduite du corps de pompe ſera de 8 pieds; ainſi l'on aura $a=31$, $b=28$, $c=8$, & $b+c=d=36$; appliquant les nombres précédens à l'équation $x=\frac{d}{2}-\sqrt{\frac{dd}{4}-ac}$, on trouvera 9 pieds 3 pouces 6 lignes pour la valeur de l'inconnue, c'eſt-à-dire, pour la hauteur où l'eau montera dans le tuyau d'aſpiration, ſans qu'elle puiſſe jamais paſſer outre; ce qui fait voir que cette pompe eſt la plus défectueuſe de toutes celles que l'on peut mettre en uſage. Il eſt ſurprenant que M. *Mariotte* l'ait donné pour exemple, p. 151,* en voulant établir une regle pour connoître à quelle hauteur l'eau peut monter dans les pompes aſpirantes; je n'en aurois pas parlé, ſi en faiſant l'analyſe de la quatrieme figure, je n'étois obligé de ſuppoſer la

* *Traité du mouvement des eaux.*

ſoupape inférieure placée au bas du tuyau d'aſpiration.

Examen du troiſieme cas. PLAN. 3. FIG. 4.

917. Quand il y a un eſpace entre le fond du corps de pompe & le piſton, comme nous l'avons ſuppoſé dans le troiſieme cas, cet eſpace, que nous nommerons *ſuperflu*, peut faire manquer la pompe, en empêchant que l'eau qui s'eſt élevée à une certaine hauteur OP dans le tuyau d'aſpiration, puiſſe monter plus haut; ce qui peut arriver quand même ſa plus grande hauteur XB au-deſſus de la ſurface de l'eau VX, ſeroit au-deſſous de 30 pieds, ſi la hauteur du tuyau d'aſpiration, le jeu du piſton, l'eſpace ſuperflu, & le poids de l'atmoſphere n'ont point entr'eux une certaine proportion.

Pour en juger, conſidérez qu'il y aura un moment où la colonne d'eau du tuyau d'aſpiration, & l'air dilaté, quand le piſton eſt monté juſques à ſa plus grande hauteur AB, ſeroit en équilibre avec le poids de l'atmoſphere; comme l'air reſté dans le tuyau d'aſpiration ſera dans le même état que celui qui ſe trouve répandu dans le corps de pompe, il n'en paſſera pas davantage du premier dans le ſecond. Quand le piſton deſcendra, la ſoupape E ſe refermera pour ne plus s'ouvrir, & l'air dilaté dans le corps de pompe ſe laiſſera comprimer, pour ſe réduire dans l'eſpace ſuperflu CFGD, au même degré de condenſation que celui de dehors; ainſi quoique l'on continue à faire jouer le piſton, l'eau ne paſſera pas le terme où elle eſt reſtée.

M. Parent *a propoſé aux Sçavans huit problêmes ſur les pompes.*

918. M. *Parent*, au commencement du troiſieme volume de ſes recherches de Phyſique & de Mathématique, propoſe huit problêmes qui appartiennent à notre troiſieme cas; il dit les avoir tirés d'un petit Traité ſur les pompes qu'il avoit deſſein de faire imprimer; mais il ne l'a pas été, on ignore même ce qu'il eſt devenu, m'en étant informé à ceux qui pouvoient en avoir connoiſſance. Il eſt ſurprenant que cet ouvrage, qui a été achevé & même approuvé par l'Académie Royale des Sciences en 1700, n'ait pas été mis au jour dans l'eſpace de 14 ans que M. *Parent* a vécu depuis, cet Auteur n'ayant pas coutume de laiſſer repoſer ſes écrits long-tems; il travailloit rapidement, & faiſoit imprimer de même, ce qui eſt cauſe que ſes Ouvrages, quoique très-bons & preſque tous originaux, ſont un peu négligés. Par l'idée qu'il donne de ſon Traité, il devoit comprendre de bonnes choſes, dont il ſemble avoir voulu faire myſtere en propoſant ces huit problêmes, comme une eſpece de défi. Il dit, page 62, *qu'il n'a pas feint de les traiter de nouveaux, & de les propoſer à réſoudre aux Sçavans de l'Europe, comme du moins auſſi dignes de leur application qu'aucun*

problême de Géométrie ſeche, ou d'Algebre pure qui les ait occupé juſqu'ici. Cependant ils n'ont piqué l'émulation de perſonne, n'en ayant trouvé la ſolution en nul endroit ; mais les trois premiers étant fort utiles, les voici dans les mêmes termes que M. *Parent* les a rapportés ; je ferai voir enſuite les formules ſur leſquelles ſont établis les calculs numériques qu'il donne pour exemple, & dont il a ſupprimé l'analyſe, dans la penſée qu'on auroit beaucoup de peine à la découvrir. Je ne ſais ſur quoi il a voulu fonder la fauſſe gloire de n'être entendu de perſonne ; ce n'eſt qu'aux demi-ſavans à qui il appartient d'en uſer ainſi pour ſe faire admirer du vulgaire, le profond ſavoir de M. *Parent* étoit aſſez connu pour ne pas recourir à des fineſſes ſi peu dignes de lui : quelquefois le hazard fait découvrir une méthode que les plus habiles gens chercheront en vain, ſans que pour cela ils perdent rien de leur ſupériorité.

PROBLÊMES DE M. PARENT.

Propoſés aux Savans, ſur les meſures les plus parfaites des pompes & de leurs aſpirans.

Premier problême. 919. *Etant données les hauteurs du jeu du piſton & du vuide du corps de pompe, trouver tant & de ſi parfaites pompes qu'on voudra.*

Soit, par exemple, le jeu du piſton réduit de huit pieds de hauteur, & le vuide de 2 ; multipliez 8 par 32, nombre abſolu, & diviſez le produit 256, par 8 joint avec 2, c'eſt-à-dire, par 10 ; le quotient donnera $25\frac{3}{5}$, & comme ce 10 eſt moindre que $25\frac{3}{5}$, tout nombre moindre que $25\frac{3}{5}$, comme 15, 20, &c. compoſera avec les hauteurs données 8 & 2, une pompe parfaite.

Mais ſi le vuide étoit de 12, ajoutant 8 avec 12, & diviſant 256 ci-deſſus, par leur ſomme 20 ; le quotient donnera $12\frac{4}{5}$, qui étant moindre que 20, il faudroit tirer la racine quarrée de 256, ſavoir 16, & la doubler, & du double 32, nombre particulier, ôter 20 pour avoir leur reſte 12 ; alors tout nombre moindre que 12, comme 4, 6, 10, &c. pourra ſervir d'aſpirant avec les nombres donnés 8 & 12 ; mais ſi la ſouſtraction ne peut ſe faire, le problême ſera impoſſible, & cette pompe ſera d'autant plus parfaite, que le nombre choiſi ſera petit.

Second problême. 920. *Etant données les hauteurs du jeu du piſton, & de l'aſpirant trouver tant & de ſi parfaites pompes qu'on voudra.*

Soit la hauteur du jeu du piſton de 8 parties, celle de l'aſpirant de $25\frac{3}{5}$; retranchez cette derniere de 32, nombre abſolu, la

reſte ſera $6\frac{2}{5}$, qu'il faut multiplier par 8 donné, dont le produit eſt $51\frac{1}{5}$, que l'on diviſera par $25\frac{3}{5}$ ci-deſſus, ce qui donnera 2 au quotient; comme donc ce 2, joint avec ce 8 ci-deſſus, c'eſt-à-dire 10, ſont moindres que $25\frac{3}{5}$, je prends 8 avec $25\frac{3}{5}$, & tout autre nombre moindre que 2, comme $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$. &c. pour les trois dimenſions de la pompe propoſée; plus ce nombre ſera moindre que 2, plus la pompe ſera parfaite.

Mais ſi la hauteur de l'aſpirant étoit de $12\frac{4}{5}$, le jeu du piſton étant toujours de 8; alors retranchant $12\frac{4}{5}$ de 32, nombre abſolu, le reſte eſt $19\frac{1}{5}$, qui étant multiplié par 8 donné, le produit eſt $153\frac{3}{5}$, & ce produit étant diviſé par $12\frac{4}{5}$ donné, le quotient ſera 12, qui étant ajouté à 8 donné, fait 20. Or 20 étant plus grand que $12\frac{4}{5}$, je tire la racine quarrée du produit de 32, nombre abſolu, par 8 donné, c'eſt-à-dire de 256; ce qui donne 16, que je double pour avoir 32, nombre particulier, dont j'ôte 8, joint avec $12\frac{4}{5}$ donnés, c'eſt-à-dire $20\frac{4}{5}$, le reſte eſt $11\frac{1}{5}$; alors tout nombre moindre que $11\frac{1}{5}$ pris pour le vuide, comme 4, 6, 10, &c. compoſera avec 8 & $12\frac{4}{5}$ donnés, une pompe ſi parfaite qu'on voudra, & plus ce nombre ſera moindre que $11\frac{1}{5}$, plus la pompe ſera parfaite.

Ayant cette longueur du vuide, il ne reſtera que de la réduire ſur la groſſeur du corps de pompe, pour avoir la longueur naturelle du vuide.

921. *Etant données les hauteurs de l'aſpirant & du vuide réduit à la groſſeur de l'aſpirant, trouver tant & de ſi parfaites pompes qu'on voudra.* *Troiſieme problême.*

Soit le vuide réduit à la groſſeur de l'aſpirant de deux parties, l'aſpirant de $25\frac{3}{5}$, multipliez-les l'un par l'autre, pour avoir le produit $51\frac{1}{5}$; retranchant enſuite $25\frac{3}{5}$, de 32 nombre abſolu, il reſtera $6\frac{2}{5}$, par lequel reſte vous diviſerez $51\frac{1}{5}$, & le quotient ſera 8, à quoi vous ajouterez le 2 donné, pour avoir leur ſomme 10, laquelle étant moindre que $25\frac{3}{5}$ donné, tout nombre au-deſſus de 8 étant pris pour le jeu du piſton, compoſera avec les nombres donnés 2 & $25\frac{3}{5}$, une pompe ſi parfaite qu'on voudra; ſavoir, plus ce nombre au-deſſus de 8 ſera grand, plus la pompe ſera parfaite.

Mais ſi le vuide eſt 12, & l'aſpirant $12\frac{4}{5}$, multipliant ces deux nombres entr'eux pour avoir leur produit $153\frac{3}{5}$, & ôtant $12\frac{4}{5}$ de 32, nombre abſolu pour avoir le reſte $19\frac{1}{5}$, il ne reſteroit que de diviſer $153\frac{3}{5}$ par $19\frac{1}{5}$, pour avoir le quotient 8, lequel étant joint à 12 donné, fait 20; & parce que 20 eſt plus grand que $12\frac{4}{5}$ donné, ajoutez enſemble 12 & $12\frac{4}{5}$, pour avoir la ſomme de $24\frac{4}{5}$, qu'il

faut ôter de l'abſolu 32, pour avoir le reſte $7\frac{1}{5}$, qu'il faut doubler afin d'avoir $14\frac{2}{5}$, dont on ſirera la racine quarrée que l'on multipliera par 8 nombre abſolu, ce qui donnera environ $30\frac{2}{5}$; j'ajoute enſuite au reſte $7\frac{1}{5}$ ci-deſſus l'abſolu 32, ce qui donne $39\frac{1}{5}$, à laquelle ſomme j'ajoute $30\frac{2}{5}$, pour avoir $69\frac{3}{5}$, & j'en ôte auſſi $30\frac{2}{5}$, le reſte eſt $8\frac{4}{5}$; je prends donc entre $8\frac{4}{5}$, & $69\frac{3}{5}$ un nombre à plaiſir pour la hauteur du jeu du piſton, comme par exemple 30, lequel 30 avec les données 17 & $12\frac{4}{5}$, compoſera une pompe parfaite, & d'autant plus parfaite que ce nombre pris ſera plus grand.

Ayant la hauteur du piſton, il ne reſtera que de la réduire ſur la groſſeur du corps de pompe pour avoir la hauteur naturelle.

Les cinq autres problêmes ne comprenant rien qui ne ſoit renfermé dans les précédens, je les paſſe ſous ſilence; mais pour qu'on ne s'imagine pas qu'ils ſoient de quelque conſéquence, en voici l'énoncé.

Quatrieme problême. 922. *Etant données les hauteurs du jeu du piſton, & la ſomme des hauteurs de l'aſpirant & du vuide, le tout réduit à la groſſeur de l'aſpirant, trouver tant & de ſi parfaites pompes qu'on voudra.*

Cinquieme problême. 923. *Etant donnée la hauteur de l'aſpirant, & la ſomme des hauteurs du jeu du piſton & du vuide, réduites à la groſſeur de l'aſpirant, trouver tant, &c.*

Sixieme problême. 924. *Etant donnée la hauteur du vuide avec la ſomme des hauteurs de l'aſpirant & du jeu du piſton, dans une pompe uniforme, renverſée, trouver tant, &c.*

Septieme problême. 925. *Etant donnée la hauteur de l'aſpirant avec la ſomme du vuide & de la moitié du jeu du piſton, trouver tant, &c.*

Huitieme problême. 926. *Etant données dans les pompes uniformes, renverſées, la ſomme du jeu du piſton & du vuide entier, & de la moitié du jeu du piſton & de l'aſpirant entier, trouver tant, &c.*

On voit qu'en s'y prenant ainſi, cet Auteur, au lieu de 8 problêmes, en auroit pu propoſer un auſſi grand nombre qu'il auroit voulu, mais qui n'euſſent toujours été qu'une combinaiſon des trois premiers.

Remarques ſur les problêmes de M. Parent. 727. On a dû remarquer, dans les trois premiers problêmes, que M. *Parent* diſtinguoit deux cas; le premier, lorſque le tuyau d'aſpiration étoit plus grand que la ſomme du vuide & du jeu du piſton; le ſecond, lorſqu'au contraire la ſomme du vuide & du jeu du piſton ſurpaſſoit l'aſpirant. On a peine d'abord d'appercevoir la raiſon de cette différence, & pourquoi les opérations du ſecond cas ſont plus compoſées que celles du premier; auſſi eſt-ce là le nœud de la théorie de ſon calcul; mais avant que de l'expli-

quer, il eſt à propos de commencer par rendre raiſon des opérations qu'il fait pour le premier cas.

928. Quand on a une pompe dans le goût de celle dont nous parlons, & qu'on la fait jouer pour faire monter l'eau dans le tuyau d'aſpiration; il eſt conſtant que toutes les fois que le piſton eſt deſcendu, l'air naturel contenu dans l'eſpace ſuperflu CFGD, eſt en état de ſoutenir une colonne d'eau de 31 pieds de hauteur; & que quand le piſton eſt élevé en AB, le même air s'étant dilaté diminue la force de ſon reſſort dans la raiſon inverſe de l'augmentation de ſon volume. Par conſéquent ſi l'eau ne peut paſſer au-deſſus de la hauteur OP, on pourra dire que l'air ainſi dilaté n'eſt plus en équilibre qu'avec ce qu'il manque à la colonne VP pour égaler 31 pieds; puiſque cet air eſt alors dans le même état que celui qui eſt reſté dans l'eſpace OR; d'où l'on tire cette analogie, comme l'eſpace ſuperflu CEGD eſt à la capacité compoſée du jeu du piſton & de l'eſpace ſuperflu, ainſi la hauteur qui manque à la colonne VP pour valoir 31 pieds, eſt à 31 pieds. Suppoſant donc $a=31$, $b=$BG, $c=$DG, & $x=$OV, on aura $b+c=$BD; & l'on pourra prendre c, & $b+c$ pour exprimer le rapport du volume de l'air naturel de l'eſpace ſuperflu au volume du même air dilaté dans la pompe. Ainſi l'on aura $c, b+c :: a-x, a$; & en raiſon inverſe $b+c, c :: a, a-x$; & en diviſant $b+c, b :: a, x$; d'où il ſuit que la ſomme du jeu du piſton & du vuide eſt au jeu du piſton, comme le poids de l'atmoſphere eſt à la hauteur du tuyau d'aſpiration au-deſſus de la ſurface de l'eau qu'on veut élever; ce qui donne $\frac{ab}{b+c}=x$, qui eſt une formule qui répond au premier cas du premier problême, où il eſt dit que pour avoir la hauteur du tuyau d'aſpiration, il faut multiplier la hauteur du vuide par le poids de l'atmoſphere, que M. *Parent* a ſuppoſé équivalent à une colonne d'eau de 32 pieds, & diviſer le produit par la ſomme du vuide & du jeu du piſton.

Solution du premier problême de M. Parent, *lorſque le tuyau d'aſpiration eſt plus grand que la ſomme du vuide & du jeu du piſton.* FIG. 4.

Si l'on donne pour hauteur au tuyau d'aſpiration le quotient de la diviſion précédente, l'eau montera indubitablement juſques au-deſſous de la ſoupape E, & ne paſſera jamais dans le corps de pompe, quoique l'on continue à faire jouer le piſton, à moins que l'on ne diminue la hauteur du tuyau d'aſpiration, pour augmenter la colonne d'eau équivalente au reſſort de l'air dilaté dans le corps de pompe. Venant à élever le piſton immédiatement après, il reſtera aſſez de force à l'air extérieur pour contraindre l'eau à ouvrir la ſoupape pour paſſer enſuite dans le corps de pompe, & ſurmonter

FIG. 4. juſqu'à un certain point la réſiſtance de l'air qu'elle y trouvera ; pour ſe mettre, par exemple, au niveau MN, au moment qu'elle aura atteint l'équilibre. Enſuite le piſton venant à deſcendre, la ſoupape E ſe fermera, l'eau qui eſt entrée dans le corps de pompe s'y trouvera enfermée, & le piſton comprimera l'air plus fortement qu'il n'avoit fait auparavant, c'eſt-à-dire, plus que ne l'eſt celui de dehors, parce qu'il ne trouvera, pour ſe réduire, que l'eſpace MFGN, au lieu de CFGD ; ainſi il ouvrira la ſoupape L, pour s'échapper & ſe mettre en équilibre avec l'air extérieur. (812) Lorſque le piſton viendra à remonter, ce qui ſera reſté d'air ſe dilatera de nouveau, & la force de ſon reſſort ſe trouvant au-deſſous de la preſſion de la partie du poids de l'atmoſphere, qui agira dans ce moment, le niveau MN de l'eau s'élevera encore de quelques pouces : continuant à faire jouer le piſton, il arrivera enfin qu'elle le ſuivra immédiatement.

PLAN. 3. FIG. 4.

Voilà ce qui a fait dire à M. *Parent*, que plus le tuyau d'aſpiration ſeroit au-deſſous de ſa hauteur naturelle, plus la pompe ſeroit parfaite ; (911) cependant comme il eſt inutile de le diminuer plus qu'il ne faut, examinons à quoi doit aller cette diminution, afin que l'eau étant parvenue à la ſoupape E, puiſſe monter au premier coup de piſton à une hauteur déterminée MN dans le corps de pompe.

Regle pour diminuer la hauteur du tuyau d'aſpiration, pour que l'eau puiſſe monter dans le corps de pompe à une hauteur donnée.

929. Le trou du piſton devant faire partie de l'eſpace ſuperflu, puiſqu'il en augmente le volume, nous ſuppoſerons que ſon diametre HI eſt de 3 pouces, de même que celui du tuyau d'aſpiration, que la hauteur IK eſt de 4, le diametre du corps de pompe de 9, la hauteur GD du vuide de 8, & celle du jeu du piſton de 24. Cela poſé, réduiſant la groſſeur du corps de pompe à celle du tuyau d'aſpiration, on trouvera 18 pieds pour le jeu du piſton, & 6 pour le vuide, à quoi ajoutant 4 pouces pour la hauteur du trou K, nous aurons $a = 31$, $b = 18$, & $c = 6\frac{1}{3}$; & l'on trouvera ſuivant la formule $\frac{ab}{b+c} = x$, que la hauteur naturelle du tuyau d'aſpiration doit être de 22 pieds 6 pouces.

Préſentement, ſi l'on veut que l'eau monte à la hauteur MN, de 4 pouces, au premier coup de piſton que l'on donnera immédiatement après qu'elle aura atteint la ſoupape E ; je conſidere que le tuyau d'aſpiration étant ſuppoſé de 22 pieds $\frac{1}{2}$, il reſte 8 pieds $\frac{1}{2}$ pour la colonne d'eau qui eſt en équilibre avec l'air de l'eſpace ſuperflu, après s'être dilaté dans le corps de pompe, & que cet air ſe trouvant reſſerré dans l'eſpace MABN, aura plus de force

de

de reſſort qu'il n'avoit étant répandu dans l'eſpace CABD, dans la raiſon inverſe de la diminution de ſon volume, (812, 813) c'eſt-à-dire, comme $21\frac{1}{3}$ eſt à $24\frac{1}{3}$, parce que l'eſpace CMND étant réduit à la groſſeur du tuyau d'aſpiration, donne 3 pieds, au lieu de 4 pouces, pour la hauteur NB, qu'il a fallu retrancher de 24 pieds $\frac{1}{3}$. Ainſi multipliant 24 pieds $\frac{1}{3}$ par $8\frac{1}{2}$, & diviſant le produit par $21\frac{1}{3}$, on trouvera à peu près 9 pieds 9 pouces pour la hauteur de la colonne d'eau équivalente à la partie du poids de l'atmoſphere qui doit faire monter l'eau à la hauteur donnée, laquelle étant retranchée de 31 pieds, reſte 21 pieds 3 pouces pour la hauteur du tuyau d'aſpiration; alors on ſera aſſuré qu'en continuant de pomper, l'eau ſuivra le piſton, comme on l'a expliqué dans l'article 790.

920. Je reviens à l'examen des problêmes de M. *Parent:* dans le ſecond on donne le jeu du piſton & la hauteur de l'aſpirant, on demande de trouver celle du vuide; pour cela, nous ſervant de la même formule $\frac{ab}{b+c}=x$, nous nommerons p, l'aſpirant, & y, la hauteur du vuide. Ainſi mettant p, à la place de x, & y à la place de c, l'on aura $\frac{ab}{b+y}=p$, ou $\frac{ab-bp}{p}=y$, qui indique le même calcul que celui de ce problême, puiſqu'il faut ſouſtraire l'aſpirant p, de a, poids de l'atmoſphere, multiplier la différence par le jeu du piſton, & diviſer le produit par l'aſpirant, pour avoir un quotient qui exprimera la hauteur du vuide.

Solution du ſecond problême, avec la circonſtance de l'article 928.

931. Dans le troiſieme problême, on demande le jeu du piſton, moyennant la connoiſſance de l'aſpirant & du vuide; mettant dans la formule y, à la place de b, l'on aura $\frac{ay}{y+c}=p$, qui donne $\frac{pc}{a-p}=y$; c'eſt-à-dire, qu'il faut multiplier l'aſpirant par le vuide, & diviſer le produit par la différence de 31 à la hauteur de l'aſpirant.

Solution du troiſieme problême, avec la circonſtance de l'article 928.

A l'égard du ſecond cas, il paroît d'abord renfermer une contradiction, puiſqu'il eſt naturel de penſer que moins le tuyau d'aſpiration aura de hauteur, par rapport à la ſomme du jeu du piſton & du vuide, & plus la pompe ſera parfaite. Cependant il faut faire attention qu'après avoir trouvé la hauteur de l'aſpirant, & l'ayant diminué pour que l'eau puiſſe paſſer dans le corps de pompe, il pourroit bien arriver encore qu'elle s'arrêteroit en chemin ſans jamais parvenir juſqu'au piſton, quoique l'on continue à le

Raiſon pour laquelle M. Parent *change de méthode, lorſque la hauteur du tuyau d'aſpiration, eſt moindre que la ſomme du vuide & du jeu du piſton.*

faire jouer ; car ſi l'eſpace vuide excede le jeu du piſton, l'air renfermé dans la pompe ne ſe dilatant que médiocrement, il lui reſtera aſſez de reſſort pour arrêter l'eau en chemin. Cet inconvénient ſera d'autant plus à craindre que le jeu du piſton ſera petit par rapport à l'eſpace vuide ; mais lorſqu'il arrive le contraire, il importe peu que la ſomme du jeu du piſton & du vuide ſurpaſſe la hauteur de l'aſpirant.

PLAN. 3. FIG. 4. & 5.

Quand l'eau eſt parvenue dans le corps de pompe à une certaine hauteur MN, & que l'on continue à faire jouer le piſton pour la faire monter plus haut, la ſoupape E n'a pas plus d'avantage, placée où elle eſt, que ſi elle étoit poſée au bas du tuyau d'aſpiration, comme dans la figure cinquieme, parce que l'air naturel renfermé dans l'eſpace MFGN, s'appuie immédiatement ſur l'eau, & alors la pompe tombe préciſément dans le cas de tout ce que nous avons dit au ſujet de la figure cinquieme. C'eſt pourquoi l'on peut ſuppoſer que la ſoupape E eſt placée à l'extrémité ST du tuyau d'aſpiration.

Analyſe du calcul que fait M. Parent, lorſque la hauteur du tuyau d'aſpiration eſt moindre que la ſomme du vuide & du jeu du piſton.

933. Si l'on réduit le diametre du corps de pompe à celui du tuyau d'aſpiration, il n'y aura plus de diſtinction à faire entre ce tuyau & le vuide du corps de pompe, puiſqu'on fait abſtraction de la ſoupape qui les ſéparoit. C'eſt pourquoi il faut conſidérer le vuide, comme faiſant partie du tuyau d'aſpiration, & ſuppoſer que leur ſomme eſt indéterminée. Ainſi nous la nommerons z, pour réſoudre le ſecond cas du premier problême, d'où dépend celui des autres ſuivans ; d'autre part nous nommerons encore c, le jeu du piſton, & x, la hauteur où l'eau pourra s'élever par aſpiration. Or, ſelon ce qui a été dit, article 916, on aura cette proportion $a - x$, $a :: z - x$, $z + c - x$, qui donne $xx - zx - cx + ac = 0$, après la réduction, ou $xx - zx - cx = -ac$; ajoutant de part & d'autre le quarré de la moitié du coefficient $z + c$, on aura $xx - cx + \overline{\frac{z+c}{2}}^{2} = \overline{\frac{z+c}{2}}^{2} - ac$, ou $x = \frac{z+c}{2} - \sqrt{\overline{\frac{z+c}{2}}^{2} - ac}$.

Pour connoître la hauteur du tuyau d'aſpiration, & juſqu'où l'eau pourra y monter, conſidérez que, ſelon la nature de l'équation précédente, ſi $\overline{\frac{z+c}{2}}^{2}$ ſurpaſſe ac, la différence étant poſitive, il faudra, après en avoir extrait la racine, la ſouſtraire de $\frac{z+c}{2}$, parce

que le ſigne radical eſt précédé de —; au contraire ſi *ac* eſt plus grand que $\overline{\frac{z+c}{2}}^2$, la différence étant négative, il faudra ajouter ſa racine à $\frac{z+c}{2}$; mais dans ces deux cas, il n'y a que le premier de poſſible, parce que dans le ſecond, la différence ne peut donner qu'une racine imaginaire; nous ne conſidérerons donc que ce qui doit arriver dans le premier.

Remarquez que dans un ſens x croît ſelon que $z+c$ augmente, & que dans un autre, il peut arriver le contraire; car plus $\overline{\frac{z+c}{2}}^2$ ſurpaſſera ac, plus la racine quarrée de la différence ſera grande. Or comme il faut ſouſtraire cette racine de $\frac{z+c}{2}$, cela ne ſe peut ſans diminuer la grandeur x. Il eſt vrai que $\frac{z+c}{2}$ augmentera à meſure que la différence des deux termes qui ſont ſous le ſigne croîtra; mais comme les racines des petites quantités ſont plus grandes à proportion que celles des autres quantités qui les ſurpaſſent, il s'enſuit que x perdra plus par la ſouſtraction qu'il faut faire, qu'elle ne gagnera par l'accroiſſement de $\frac{z+c}{2}$, & qu'elle perdra d'autant plus que $\overline{\frac{z+c}{2}}^2$ ſurpaſſera ac. D'un autre côté ſi $\overline{\frac{z+c}{2}}^2$ devient, en diminuant, moindre que ac, la grandeur x deviendra imaginaire; mais il y a un milieu, c'eſt qu'en évitant le ſecond cas, la différence des deux termes ſous le ſigne, ſoit la plus petite qu'il eſt poſſible. Cela arrive lorſque ces deux termes ſont égaux, parce que ſe détruiſant, le ſigne radical s'évanouit, alors il naît un troiſieme cas qui renferme ce que l'on demande, & d'où l'on tire les remarques ſuivantes.

934. Lorſque $\overline{\frac{z+c}{2}}^2$ eſt égal à ac, il arrive qu'en extrayant la racine quarrée des deux membres de cette équation, l'on a $\frac{z+c}{2} = \sqrt{ac}$, qui fait voir que la moitié de la ſomme des hauteurs du jeu du piſton & du tuyau d'aſpiration, ou ſi l'on aime mieux, la moitié de la ſomme des hauteurs du jeu du piſton, du vuide & de l'aſpirant, eſt moyenne proportionnelle entre le jeu du piſton & la hauteur

Une pompe eſt parfaite lorſque la moitié de la ſomme du jeu du piſton, du vuide & du tuyau d'aſpiration, eſt moyenne proportionnelle

Entre le jeu du piſton & la hauteur de la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmoſphere.

de la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmoſphere; ou, ce qui revient au même, la ſomme des hauteurs du jeu du piſton, du vuide & de l'aſpirant, eſt égale au double de la racine quarrée du produit du jeu du piſton, multiplié par le poids de l'atmoſphere, puiſqu'en faiſant évanouir la fraction, il vient $z + c = 2\sqrt{ac}$.

Autre conſéquence eſſentielle, tirée de la formule générale de l'article précédent.

935. On remarquera auſſi que quand le ſigne radical s'évanouit, il reſte $x = \frac{z+c}{2}$, qui fait voir que l'eau montera dans la pompe à une hauteur égale à la moitié de la ſomme du tuyau d'aſpiration, du vuide & du jeu du piſton; que par conſéquent ſi le tuyau d'aſpiration eſt moindre que la moitié de cette ſomme, c'eſt-à-dire, au-deſſous de la valeur du jeu du piſton & du vuide pris enſemble; l'on eſt ſûr que l'eau paſſera dans le corps de pompe, & que diminuant un peu la hauteur naturelle de l'aſpirant, elle parviendra juſqu'au piſton.

Application de la formule, à la ſolution du ſecond cas du premier problême de M. Parent.

936. Voilà deux remarques ſur leſquelles les calculs de M. *Parent* ſont fondés, qui ont tous pour objet de faire enſorte, lorſque le jeu du piſton, joint à la hauteur du vuide, ſurpaſſe l'aſpirant, que la ſomme des hauteurs réduites des trois parties d'une pompe, ſoit toujours égale au double de la racine du produit du jeu du piſton par le poids de l'atmoſphere; parce qu'ainſi ayant la ſomme de ces trois termes, & deux en particulier, il n'y a pas de difficulté de connoître l'autre, comme nous l'allons faire voir en appliquant l'équation $z + c = 2\sqrt{ac}$ aux problêmes en queſtion. (919) Pour avoir une formule qui quadre encore mieux avec ces problêmes, nous ſuppoſerons que b exprime la hauteur du vuide, & p, celle de l'aſpirant, alors nous aurons $b + p = z$; par conſéquent $c + b + p = 2\sqrt{ac}$, qui renferme les trois parties de la pompe. J'ajouterai que ſi l'on fait diſparoître le ſigne radical de l'équation $x = \frac{z+c}{2} - \sqrt{\left(\frac{z+c}{2}\right)^2 - ac}$, ſans avoir égard à aucune ſuppoſition, il viendra $xz - xx + cx - ac = 0$, qui eſt une équation à l'hyperbole par rapport à ſes aſſymptotes, dont faiſant la conſtruction, l'on y trouvera les mêmes conſéquences que celles que je viens d'expliquer dans les articles 933, 934, 935.

Dans le ſecond cas du premier problême, voulant connoître la hauteur de l'aſpirant, il n'y a qu'à mettre dans la formule précédente x à la place de p, & l'on aura $x = 2\sqrt{ac} - c - b$, qui indique le même calcul que celui de M. *Parent;* (919) car ici il faut

multiplier le poids de l'atmoſphere par le jeu du piſton, extraire la racine quarrée du produit, doubler cette racine, & du double ſouſtraire la ſomme des hauteurs du jeu du piſton & du vuide, la différence ſera ce que l'on demande.

937. A l'égard du ſecond problême, où l'on demande la hauteur de l'eſpace vuide; mettant dans la formule x à la place de b, il vient $x = 2\sqrt{ac} - c - p$, qui répond auſſi au calcul numérique du ſecond cas de ce problême, (920) qui eſt de multiplier encore le poids de l'atmoſphere par le jeu du piſton, extraire la racine quarrée du produit, du double de cette racine, en ſouſtraire la ſomme des hauteurs du jeu du piſton & de l'aſpirant, pour avoir la différence qui donnera ce que l'on demande. *Application de la même formule, au ſecond cas du ſecond problême.*

938. Comme il eſt queſtion dans le troiſieme problême de chercher le jeu du piſton, nous mettrons dans la formule x, à la place de c, pour avoir $x + b + p = 2\sqrt{ax}$, & ſuppoſant $b + p = n$, l'on aura, en quarrant les deux membres de la formule, $xx + 2nx + nn = 4ax$, ou bien $xx + 2nx - 4ax = -nn$. Suppoſant encore $2n - 4a = -2d$, on aura $xx - 2dx = -nn$, ou $xx - 2dx + dd = dd - nn$, ou enfin $x = d + \sqrt{dd - nn}$, & $x = d - \sqrt{dd - nn}$, pour les deux racines de cette équation. Or ſi l'on prend les mêmes nombres que ceux du problême, (921) on aura $n = 24\frac{4}{5}$, & $d = 39\frac{1}{5}$, ou $nn = 615\frac{1}{25}$, & $dd = 1536\frac{16}{25}$, dont la différence eſt $921\frac{3}{5}$, qui a pour racine quarrée $30 + \frac{2}{5}$, laquelle étant retranchée & ajoutée à la valeur de d, c'eſt-à-dire, à $39\frac{1}{5}$, il vient $8\frac{4}{5}$, & $69\frac{3}{5}$ pour la valeur des deux racines, qui ſont les mêmes nombres que ceux qu'a trouvés M. *Parent*. On remarquera qu'il n'y a que la premiere $8\frac{4}{5}$ qui ſoit la véritable, c'eſt-à-dire, qui détermine la hauteur naturelle du jeu du piſton, & que c'eſt aſſez mal à propos que cet Auteur dit, qu'il faut prendre entre $8\frac{4}{5}$ & $69\frac{3}{5}$, un nombre à plaiſir comme 30 pour le jeu du piſton. Il eſt bien vrai qu'on ne fera pas mal de lui en donner un peu plus que la regle ne l'indique; mais on n'eſt pas le maître d'augmenter le jeu d'un piſton autant qu'on le veut, puiſqu'il eſt aſſujetti aux parties de la machine qui lui donnent le mouvement. Au reſte, pour être convaincu que $8\frac{4}{5}$ répond à la formule $c + b + p = 2\sqrt{ac}$, on n'a qu'à multiplier $8\frac{4}{5}$ par 32, extraire la racine quarrée du produit & la doubler, on aura un nombre égal, autant qu'il peut l'être, à la ſomme des hauteurs des trois parties de la pompe. *Application de la même formule, au ſecond cas du troiſieme problême.*

939. Il ſemble qu'avant que de parler des problêmes précédens, j'aurois dû inſinuer pourquoi l'on ne peut ſe diſpenſer de faire des *Pourquoi l'on ne peut ſe diſpenſer dans*

bien des occasions de faire des pompes qui comprennent un espace superflu.

pompes qui comprennent un espace vuide d'une capacité déterminée; mais j'ai cru que cela n'étoit pas nécessaire, puisqu'on a dû s'appercevoir que cet espace étoit indispensable aux pompes aspirantes & refoulantes, comme sont celles des figures 6, 7, 13, 15, 20, 25, dans lesquelles le tuyau montant, ou celui d'aspiration, communiquant au corps de pompe par le côté, empêchent que le piston ne puisse descendre jusqu'au fond, autrement l'on tomberoit dans l'inconvénient que nous avons remarqué article 884. On fera seulement attention, que pour déterminer cet espace on doit observer trois choses: la premiere, que voulant, par exemple, unir un tuyau montant au corps de pompe de la quatrieme figure, il faut que le diametre GN, de la branche GNZY, soit égal à celui du corps de pompe: (897) la seconde, que cette branche approche le plus près qu'il sera possible du fond du corps de pompe: (884) la troisieme, faire ensorte de ne lui donner que le moins d'étendue que l'on pourra, parce que sa capacité depuis GN, jusqu'à la soupape qui soutient l'eau dans le tuyau montant, fait partie du vuide. (915) C'est pourquoi quand on veut faire quelques-uns des calculs précédens, on divise l'espace CFGY ZND, ou tout autre, par le quarré du diametre de l'aspirant, & le quotient donne un nombre qui exprime la hauteur du vuide. On en fait de même pour avoir celle du jeu du piston: la branche dont nous parlons n'étant qu'ébauchée, on pourra en sa place considérer celle de la septieme figure.

PLAN. 1. & 2.

PLAN. 3.

Maxime générale sur les tuyaux d'aspiration qui sont coudés, ou qui reposent sur des plans inclinés.

940. Il arrive assez souvent que les tuyaux d'aspiration ne sont pas droits, pouvant ramper le long d'un plan incliné, être coudés, & même aller en serpentant, pour être conduits à l'endroit où ils doivent tremper dans l'eau; mais de quelque maniere qu'ils soient disposés, leur hauteur ne doit être considérée que par celle du piston au-dessus des plus basses eaux; (360) lorsqu'elle sera bien proportionnée, l'eau montera de même que si ces tuyaux étoient droits: la seule différence, c'est qu'ayant plus de volume, on mettra plus de tems à expulser l'air.

Erreur où sont la plûpart des Ouvriers & Machinistes, sur l'élévation de l'eau, dans les pompes aspirantes.

941. Ceux qui ignorent la méchanique de l'air, s'imaginent que pour faire monter l'eau dans une pompe aspirante, il suffit d'en introduire dedans pour remplir le tuyau d'aspiration & l'espace vuide, & qu'ensuite on n'a plus qu'à remettre le piston & faire jouer la machine, sans avoir égard à toutes les considérations dont j'ai parlé. Ils croient même qu'il n'est pas possible qu'elle s'y éleve jamais, sans s'y prendre ainsi, parce qu'en ayant fait l'essai, l'eau n'a point paru après un certain tems, ce qui les a fait conclure

qu'elle ne monteroit point du tout; mais s'ils avoient eu plus de patience, ils auroient vu le contraire. Je conviens que quand le jeu du piſton eſt médiocre, & qu'il eſt élevé autant qu'il peut l'être au-deſſus de la ſource, l'air eſt long-tems à s'évacuer, & qu'il faudra peut-être 5 ou 600 coups de piſton avant que l'eau le ſuive; cependant à la fin cela arrive, à moins que la pompe n'ait pas été faite ſelon les regles précédentes, & que l'eau ne ſe ſoit arrêtée en chemin. Mais je veux que toutes les fois qu'on aura été obligé de mettre la pompe à ſec pour renouveller les cuirs des piſtons, celui des ſoupapes, ou réparer quelqu'autre défaut, on la rempliſſe pour une plus prompte exécution, lorſqu'on voudra la faire agir, cela n'eſt pas toujours auſſi aiſé qu'on pourroit ſe l'imaginer; car il faudra fermer le tuyau d'aſpiration par le bout inférieur au-deſſous des plus baſſes eaux de la ſource, autrement à meſure que l'on en verſeroit elle ſe perdroit. Or ſi ce tuyau eſt plongé dans une riviere ſujette à groſſir, & que ſon extrémité ſe trouve quelquefois à 10 ou 12 pieds au-deſſous de la ſurface, comment l'aller fermer toutes les fois que l'on ſera obligé de faire cette manœuvre? Tout cela ne ſe fera point ſans beaucoup de ſujétion, à moins que l'on n'y mette une ſeconde ſoupape; mais on aura toujours la difficulté de maintenir levée celle du corps de pompe, pour que l'eau que l'on veut verſer puiſſe deſcendre; au lieu qu'en ſuivant les regles, on prévient tous ces inconvéniens.

Examen d'une pompe que M. Parent propoſe comme parfaite.

942. M. *Parent* parle dans le Livre que j'ai cité, (918) page 63, d'une pompe qu'il nomme *parfaite*, dans laquelle il dit que le vuide eſt nul, quoiqu'elle ſoit aſpirante & refoulante, comme la ſixieme figure, que j'ai vu exécutée chez un Fondeur à Paris. On ſuppoſe que le piſton peut deſcendre juſqu'à la ſoupape inférieure, que venant à remonter, il aſpire l'eau d'une part, & la refoule de l'autre dans le tuyau montant LZ, enté avec le corps de pompe par le moyen de la communication BGHC, ſervant auſſi à loger le piſton. Mais cette pompe a trois inconvéniens: le premier, c'eſt qu'il n'eſt guere poſſible d'élever l'eau à une hauteur conſidérable, à cauſe de la longueur qu'il faudroit donner à la tige du piſton, qui deviendroit fort incommode par elle-même, & par le poids dont elle chargeroit la puiſſance, & que d'ailleurs on eſt aſſujetti à élever l'eau perpendiculairement. Le ſecond, c'eſt que toutes les fois qu'il faudra réparer la ſoupape inférieure, ou renouveller les rondelles de cuir qui ſe trouvent dans la jonction du corps de pompe & de l'aſpirant, il faudra démonter tous les tuyaux montans. Enfin le troiſieme, c'eſt que faiſant le tuyau

PLAN. 3. FIG. 6.

LZ plus étroit que le corps de pompe, la puiſſance n'en ſera pas moins chargée d'une colonne d'eau qui auroit pour baſe le cercle du piſton, & pour hauteur celle du réſervoir au-deſſus de la ſource, ſelon l'article 903, de même que ſi le tuyau étoit uniforme, comme EFKI, & même de quelque choſe de plus, parce que l'eau ſera obligée de monter plus vîte dans ce tuyau, qu'elle ne feroit ſi elle n'étoit point étranglée; il eſt vrai qu'on peut éviter ce dernier inconvénient, en faiſant le tuyau plus gros. Je ne chicane pas ſur le terme de *nul* dont ſe ſert M. *Parent*, à l'occaſion du vuide dont il croit cette pompe exempte, quoique cela ne ſoit point à la rigueur, puiſqu'il ne peut annuller ce qui eſt cauſé par le trou du piſton.

FIG. 7. *Deſcription d'une pompe qui n'a d'autre eſpace ſuperflu, que le vuide cauſé par le trou du piſton.*

943. La figure ſeptieme repréſente une pompe dans le goût de la précédente, mais qui n'en a pas les inconvéniens; le tuyau d'aſpiration VX eſt uni comme à l'ordinaire à un corps de pompe ABCD, au fond duquel eſt une ſoupape T. Ce corps de pompe, qui eſt accompagné de brides, à ſon entrée, eſt fermé d'une plaque de fonte MN; dans le milieu eſt un collet de même métal, à travers lequel paſſe la verge QR du piſton S; cette verge gliſſe contre pluſieurs rondelles de cuir OP, couvertes d'un anneau, le tout ſerré & retenu avec le collet: par ce moyen le piſton joue ſans que l'eau puiſſe ſortir par l'entrée de la pompe, ou s'il y en paſſe, c'eſt en ſi petite quantité, qu'elle ne mérite pas qu'on y faſſe attention.

La branche FAEGH, qui répond au tuyau montant IK, ſe trouve ici vers le ſommet du corps de pompe, au lieu d'être au bas, afin d'éviter l'eſpace vuide: quant au piſton, il n'a rien de commun avec ceux des pompes précédentes. Pour en bien juger, il faut en voir la deſcription dans les articles 955, 956; ainſi ſuppoſant qu'on les ait lues, en voici le jeu.

L'eau étant parvenue par aſpiration dans le corps de pompe, quand le piſton vient à deſcendre, les deux clapets dont il eſt couvert s'ouvrent, & l'eau paſſe au travers, tant qu'il ſoit arrivé juſqu'à la ſoupape T. Lorſqu'il remonte, les clapets ſe referment, & l'eau n'ayant d'autre débouché que par le trou AE, eſt refoulée dans le tuyau montant, comme à l'ordinaire. Sur quoi il eſt à remarquer que le piſton eſt toujours entre deux eaux, parce que toutes les fois qu'il deſcend, celle qui ſe trouve dans la branche GA, & dans la partie EB du corps de pompe deſcend avec lui; ainſi l'air ne peut jamais s'introduire par le piſton dans le corps de pompe, ce qui eſt un avantage eſſentiel.

Sur

Sur l'épaiſſeur qu'il faut donner aux corps de pompe & aux tuyaux de cuivre & de plomb.

L'épaiſſeur qu'il convient de donner aux corps de pompe & aux tuyaux, eſt encore une recherche très-importante; à moins que l'on n'ait quelques regles ſûres, il pourra arriver qu'on les fera trop épais, par conſéquent chargés d'une quantité de métal ſuperflu; ou trop foibles, ce qui mettra la machine en danger d'échouer, comme cela eſt arrivé pluſieurs fois. M. *Parent* eſt le premier qui ait examiné ce ſujet en Géometre, dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de 1707, mais j'ai ſuivi une route un peu différente de la ſienne, pour me rendre plus intelligible.

944. Si l'on ſe rappelle ce qui a été dit ſur la pouſſée de l'eau, (361) on concevra aiſément qu'ayant un tuyau AB ſitué verticalement, & rempli d'eau, il pourroit être tellement chargé qu'il creveroit par le bas, c'eſt-à-dire, qu'il ſe feroit une fente verticale FG à ſa ſurface cylindrique; ce qui arrivera par le bas, parce que l'effort de l'eau y agit plus puiſſamment que dans tout autre endroit. Ainſi, faiſant abſtraction du poids que ſoutient la baſe, il eſt queſtion de ſavoir quel eſt l'effort qui déchire le tuyau, quelle en eſt la meſure, & quelle épaiſſeur il doit avoir pour y réſiſter.

Le plus grand effort de l'eau dans un tuyau vertical ou incliné, ſe fait vers le bas du même tuyau.

PLAN. 3. FIG. 13.

945. Ayant tiré les diametres AC & FD, qui ſe coupent à angles droits, il eſt évident que l'eau qui répondra aux deux quarts de cercle AF & FC, agira en ſens contraire ſelon les directions IH & IK, paralleles au diametre AC pour les ſéparer, en déchirant le tuyau de F en G, & qu'il pourra arriver la même choſe aux quarts de cercle oppoſés AD & DC, qui tendront auſſi à ſe ſéparer au point D, & à tous les autres quarts de cercle, pris à tel endroit que l'on voudra de la circonférence. Cela poſé, nous regarderons le cercle exprimé par la figure douzieme, comme la baſe du cylindre, dont la circonférence tiendra lieu de la ſurface en faiſant abſtraction de ſa hauteur dont on peut ſe paſſer préſentement.

L'eau, pour crever un tuyau, agit toujours ſur deux quarts de cercle contigus, qu'elle tend à ſéparer ſelon des directions paralleles au diametre.

PLAN. 3. FIG. 12.

Si la baſe du tuyau étoit un dodécagone régulier, on auroit au lieu d'un cylindre un priſme, dont les côtés FS, SX, XC, inſcrits dans le quart de cercle FC, pourroient être pris pour trois faces du priſme. Selon cette ſuppoſition, l'eau qui appuyera contre la face FS, agira perpendiculairement pour l'éloigner du centre E, avec une force qu'on pourra exprimer par la longueur FS de cette face. Si du point S, l'on abaiſſe la perpendiculaire

SR ſur le demi-diametre EF, la force précédente ſera compoſée de deux autres FR & RS, ſelon le principe général de la méchanique; (20) la premiere FR pouſſera la face FS, ſelon une direction parallele au diametre AC; d'où il ſuit que l'action perpendiculaire de l'eau eſt à l'effort qu'elle fait pour ſéparer la face FS, du point F, comme FS eſt à FR. (380, 381)

Ce que nous venons de dire de l'action de l'eau contre la premiere face FS, conviendra auſſi aux deux autres SX & XC; car ſi l'on tire la ligne XV parallele au diametre AC, & que l'on abaiſſe les perpendiculaires ST & XY, la force abſolue de l'eau, contre la ſeconde & la troiſieme face, ſera partagée en deux autres ST, TX pour la ſeconde face, & XY, YC pour la troiſieme. Il arrivera alors que l'action perpendiculaire de l'eau ſur les trois faces, ſera à l'effort qui les pouſſe ſelon la direction parallele au diametre AC, comme FS + SX + XC eſt à FR + ST + XY, ou FR + RV + VE = FE. La ſomme des puiſſances exprimées par les lignes RS, TX, YC, étant auſſi égale au rayon, on voit qu'agiſſant ſelon des directions paralleles au diametre FD, on aura encore la même proportion pour l'effort que l'eau fait dans ce ſens.

Si l'on conſidere un cercle comme un poligone d'une infinité de côtés, on pourra dire que *l'effort perpendiculaire de l'eau contre tout le quart de cercle, eſt à l'effort qui déchire, comme la ſomme de tous les côtés infiniment petits, pris depuis F juſqu'en C*, (c'eſt-à-dire le quart de cercle même) *eſt au rayon*. Comme il en arrivera autant au quart de cercle FA, l'effort qui ſe fera de part & d'autre pour déchirer le tuyau au point F, ſera dans le même cas, que ſi deux puiſſances P & Q agiſſoient en ſens contraire, pour ſéparer les deux quarts de cercle, ſelon des directions paralleles au diametre AC.

L'effort abſolu de l'eau qui agit ſur toute la ſurface d'un tuyau, eſt à l'effort qui tend à le déchirer, comme la circonférence d'un cercle eſt à ſon rayon.

946. L'effort perpendiculaire de l'eau, pris en ſon entier, agiſſant ſur toute la circonférence du tuyau, & celui qui déchire n'agiſſant que ſur un point que l'on peut prendre indifféremment à tel endroit que l'on voudra, il s'enſuit que *l'effort perpendiculaire de l'eau qui agit ſur la ſurface du tuyau, eſt à l'effort qui tend à le déchirer, comme la circonférence du même tuyau eſt au rayon, ou comme 6 eſt à 1*, en ſuppoſant la circonférence ſextuple du rayon.

Expérience faite ſur la réſiſtance des tuyaux de

947. En ſuivant cette théorie, il eſt aiſé d'exprimer géométriquement l'effort par lequel l'eau creve un tuyau; mais pour en faire l'application, il faut être prévenu de quelque expérience. On ſait qu'un tuyau de plomb de 12 pouces de diametre & de 60

pieds de hauteur, doit avoir 6 lignes d'épaiſſeur pour ſoutenir verticalement, ſans crever, l'effort de l'eau. On ſait encore qu'un tuyau de cuivre, auſſi de 12 pouces de diametre & de 60 pieds de hauteur, doit avoir deux lignes d'épaiſſeur pour ſoutenir de même l'effort de l'eau dont il eſt rempli; d'où il ſuit que les tuyaux de cuivre ont une force triple de ceux de plomb, toutes choſes d'ailleurs égales, ce qui s'accorde aſſez bien avec les expériences que M. *Parent* cite.

plomb & de cuivre pleins d'eau.

Cela poſé, je nomme h, la hauteur du tuyau, tirée de l'expérience; r, ſon rayon; c, ſa circonférence; & n, ſon épaiſſeur; on aura hn, pour la ſurface de rupture, & hc pour la ſurface du tuyau, qui, étant multipliée par la moitié de la hauteur de l'eau, (374) $\frac{chh}{2}$ exprimera l'effort perpendiculaire de l'eau contre la ſurface du tuyau. Pour connoître celui qui tend à le crever, on fera cette proportion, $c, r :: \frac{chh}{2}, \frac{hhr}{2}$; c'eſt-à-dire, comme la circonférence eſt au rayon, ainſi l'effort perpendiculaire eſt à celui qui agit ſur la ſurface de rupture hn. (946)

On voit que les deux termes hn & $\frac{hhr}{2}$ vont devenir communs à toutes les proportions qu'on voudra faire, pour trouver les épaiſſeurs des tuyaux de toutes ſortes de grandeurs, pourvu qu'on les faſſe de même métal que celui de l'expérience: par exemple, ſi l'on a un tuyau dont la hauteur ſoit nommée p, ſon rayon q, ſa circonférence t, & ſon épaiſſeur x, la ſurface de rupture ſera px, & l'effort perpendiculaire de l'eau ſera $\frac{ppt}{2}$.

948. Pour avoir l'effort qui tend à déchirer ce tuyau, l'on aura encore $t, q :: \frac{ppt}{2}, \frac{ppq}{2}$, dont le quatrieme terme $\frac{ppq}{2}$, donne ce qu'on demande. On peut donc former cette analogie; comme la ſurface de rupture hn du tuyau d'expérience, eſt à l'effort $\frac{hhr}{2}$ qu'elle ſoutient, ainſi la ſurface de rupture px, du tuyau dont il s'agit, eſt à l'effort $\frac{ppq}{2}$ qu'elle doit ſoutenir; d'où l'on tire cette équation $\frac{hhrpx}{2} = \frac{ppqhn}{2}$, ou, après la réduction, $x = \frac{pqn}{hr}$, qui eſt une formule générale & très-ſimple, pour trouver l'épaiſſeur de tel tuyau qu'on voudra.

Formule générale pour trouver l'épaiſſeur qu'il convient de donner aux tuyaux ſelon leur hauteur & leur diametre.

L'équation précédente fournit trois conſéquences auxquelles on peut réduire tout ce qu'on vient de voir. La premiere, que

deux tuyaux ſoutiendront également l'effort de l'eau qui tend à les crever, ſi leurs épaiſſeurs ſont dans la raiſon compoſée de leur diametre & de leur hauteur; c'eſt-à-dire, ſi l'épaiſſeur du premier tuyau eſt à celle du ſecond, comme le produit du diametre du premier par ſa hauteur, eſt au produit du diametre du ſecond par la ſienne. Car $x = \frac{pqn}{hr}$, donne $2hr$, $2pq :: n, x$, en multipliant les deux premiers termes par 2, pour avoir les diametres au lieu des rayons.

La ſeconde, *que les tuyaux qui ont la même hauteur, doivent avoir leur épaiſſeur dans la raiſon de leurs diametres;* car prenant h pour la hauteur commune, on aura $2rh$, $2qh :: n, x$; ou $2r$, $2q :: n, x$.

La troiſieme, *que les tuyaux qui ont le même diametre & des hauteurs différentes, doivent avoir leurs épaiſſeurs dans la raiſon de leurs hauteurs*, puiſque prenant $2r$ pour le diametre commun, on aura $2rh$, $2rp :: n, x$; ou $h, p :: n, x$.

Application de la formule générale à quelques exemples.

949. Pour appliquer la premiere regle à quelques exemples, nous chercherons l'épaiſſeur qu'il faut donner à un tuyau de plomb, qui auroit 90 pieds de hauteur, & 10 pouces de diametre. Pour cet effet, il faut avoir recours au tuyau de plomb, tiré de l'expérience, (947) qui a 60 pieds de hauteur, 12 pouces de diametre, & 6 lignes d'épaiſſeur; nommant x l'épaiſſeur que l'on cherche, on aura 60 pieds × 12 pouces, 90 pieds × 10 pouces :: 6 lignes, x lignes, dont le quatrieme terme x eſt de 7 lignes $\frac{1}{2}$, pour l'épaiſſeur que l'on cherche.

Trouver l'épaiſſeur qu'il faut donner à un corps de pompe dont on connoît le diametre & la puiſſance qui refoule l'eau.

950. Si l'on avoit une pompe refoulante de 8 pouces de diametre, dont la puiſſance qui feroit agir le piſton, fût équivalente à une colonne d'eau de 200 pieds de hauteur, & qu'on voulût ſavoir l'épaiſſeur qu'il faut donner au corps de pompe que je ſuppoſe de cuivre; il faut avoir recours au tuyau de même métal, tiré de l'expérience, (947) qu'on ſait avoir 60 pieds de hauteur, 12 pouces de diametre & 2 lignes d'épaiſſeur. Nommant y, le terme que l'on cherche, on aura 60 pieds × 12 pouces, 200 pieds × 8 pouces :: 2 lignes, y, qui donne 4 lignes $\frac{1}{2}$ pour l'épaiſſeur que l'on demande; pourvu que la colonne d'eau que ſoutient le piſton puiſſe monter ſans obſtacle, autrement il faudroit avoir égard à l'effort que fait la puiſſance, plutôt qu'au poids de l'eau (901).

Ayant un corps de pompe dont on connoît l'épaiſſeur & le diametre,

951. Ayant un corps de pompe de 10 pouces de diametre & de 5 lignes d'épaiſſeur, voulant ſavoir à quelle hauteur il peut refouler l'eau; je nomme z cette hauteur; & me ſervant du tuyau de cuivre tiré de l'expérience, comme dans l'exemple précédent, je

forme cette proportion : 60 pieds × 12 pouces, 7 × 10 pouces :: 2 lignes, 5 lignes ; il viendra 60 pieds × 12 pouces × 5 lignes = 7 × 10 pouces × 2 lignes, ou $\frac{360}{20} = 7$, qui donne 180 pieds pour la hauteur que l'on demande, en ſuppoſant que la puiſſance qui fera monter l'eau, ſera égale au poids de la colonne.

trouver à quelle hauteur on pourra refouler l'eau.

952. Pour faciliter aux ouvriers le moyen de trouver l'épaiſſeur des corps de pompe, & celle des tuyaux de plomb & de cuivre, je joins ici deux Tables très-exactes, dont la premiere appartient aux tuyaux de plomb, où l'on trouve l'épaiſſeur qu'il faut leur donner pour toutes les hauteurs depuis 10 pieds juſqu'à 400 : la ſeconde appartient aux tuyaux de cuivre, qui auroient auſſi les mêmes diametres & les mêmes hauteurs que les précédens ; faiſant attention que pour les corps de pompe il faut ſuppoſer leur hauteur égale à la colonne d'eau équivalente à la puiſſance qui fait agir le piſton, ſelon les articles 899, 900. Par exemple, ſi cette colonne étoit de 180 pieds de hauteur, & que le diametre du piſton fût de huit pouces, on trouvera dans la ſeconde Table, que l'épaiſſeur du corps de pompe doit être de quatre lignes.

Uſage d'une Table pour trouver les épaiſſeurs qu'il faut donner aux tuyaux de plomb & de cuivre, ſelon leurs diametres & leurs hauteurs.

Il eſt bon d'être prévenu que dans ces Tables on a ſuppoſé la ligne diviſée en ſix points, & non pas en douze, comme on fait ordinairement, pour éviter des parties preſque inſenſibles dont on n'auroit pu faire uſage dans la pratique.

Comme on a ſuppoſé, en calculant ces deux Tables, que la réſiſtance des tuyaux étoit à peu près en équilibre avec l'action de l'eau qui tend à les rompre, il faut, lorſqu'on en fera uſage, augmenter l'épaiſſeur des tuyaux & des corps de pompe d'une moitié en ſus du nombre indiqué dans la Table. Ainſi, dans l'exemple précédent, il faudroit donner au corps de pompe 6 lignes d'épaiſſeur au lieu de 4. Cette augmentation eſt d'autant plus néceſſaire, que les corps de pompe ne ſe font jamais de cuivre pur, mais de potin, qui eſt un métal d'une moindre réſiſtance. On en uſera de même pour les tuyaux de plomb.

Je ne parle point ici des tuyaux de fer qu'on emploie ordinairement pour conduire l'eau au réſervoir, me propoſant d'en faire mention dans le quatrieme Livre, au chapitre de la conduite des eaux.

TABLE contenant les epaiſſeurs des tuyaux de plomb pour différens diametres, juſqu'à 20 pouces, & pour des hauteurs juſqu'à 400 pieds.

Diametre des tuyaux en pouces.

Plomb.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	Epaiſſeurs des tuyaux en lignes & points.									
Hauteur des tuyaux de plomb en pieds.										
10	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	1 0	1 1	1 2	1 3	1 4
20	0 2	0 4	1 0	1 2	1 4	2 0	2 2	2 4	3 0	3 2
30	0 3	1 0	1 3	2 0	2 3	3 0	3 3	4 0	4 3	5 0
40	0 4	1 2	2 0	2 4	3 2	4 0	4 4	5 2	6 0	6 4
50	0 5	1 4	2 3	3 2	4 1	5 0	5 5	6 4	7 3	8 2
60	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0
70	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	7 0	8 1	9 2	10 3	11 4
80	1 2	2 4	4 0	5 2	6 4	8 0	9 2	10 4	12 0	13 2
90	1 3	3 0	4 3	6 0	7 3	9 0	10 3	12 0	13 3	15 0
100	1 4	3 2	5 0	6 4	8 2	10 0	11 4	13 2	15 0	16 4
110	1 5	3 4	5 3	7 2	9 1	11 0	12 5	14 4	16 3	18 2
120	2 0	4 0	6 0	8 0	10 0	12 0	14 0	16 0	18 0	20 0
130	2 1	4 2	6 3	8 4	10 5	13 0	15 1	17 2	19 3	21 4
140	2 2	4 4	7 0	9 2	11 4	14 0	16 2	18 4	21 0	23 2
150	2 3	5 0	7 3	10 0	12 3	15 0	17 3	20 0	22 3	25 0
160	2 4	5 2	8 0	10 4	13 2	16 0	18 4	21 2	24 0	26 4
170	2 5	5 4	8 3	11 2	14 1	17 0	19 5	22 4	25 3	28 2
180	3 0	6 0	9 0	12 0	15 0	18 0	21 0	24 0	27 0	30 0
190	3 1	6 2	9 3	12 4	15 5	19 0	22 1	25 2	28 3	31 4
200	3 2	6 4	10 0	13 2	16 4	20 0	23 2	26 4	30 0	33 2

SUITE de la Table pour les tuyaux de plomb.

Diametre des tuyaux en pouces.

Plomb.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	Epaiſſeurs des tuyaux en lignes & points.									
Hauteurs des tuyaux de plomb en pieds.										
210	3 3	7 0	10 3	14 0	17 3	21 0	24 3	28 0	31 3	35 0
220	3 4	7 2	11 0	14 4	18 2	22 0	25 4	29 2	33 0	36 4
230	3 5	7 4	11 3	15 2	19 1	23 0	26 5	30 4	34 3	38 2
240	4 0	8 0	12 0	16 0	20 0	24 0	28 0	32 0	36 0	40 0
250	4 1	8 2	12 3	16 4	20 5	25 0	29 1	33 2	37 3	41 4
260	4 2	8 4	13 0	17 2	21 4	26 0	30 2	34 4	39 0	43 2
270	4 3	9 0	13 3	18 0	22 3	27 0	31 3	36 0	40 3	45 0
280	4 4	9 2	14 0	18 4	23 2	28 0	32 4	37 2	42 0	46 4
290	4 5	9 4	14 3	19 2	24 1	29 0	33 5	38 4	43 3	48 2
300	5 0	10 0	15 0	20 0	25 0	30 0	35 0	40 0	45 0	50 0
310	5 1	10 2	15 3	20 4	25 5	31 0	36 1	41 2	46 3	51 4
320	5 2	10 4	16 0	21 2	26 4	32 0	37 2	42 4	48 0	53 2
330	5 3	11 0	16 3	22 0	27 3	33 0	38 3	44 0	49 3	55 0
3 40	5 4	11 2	17 0	22 4	28 2	34 0	39 4	45 2	51 0	56 4
350	5 5	11 4	17 3	23 2	29 1	35 0	40 5	46 4	52 3	58 2
360	6 0	12 0	18 0	24 0	30 0	36 0	42 0	48 0	54 0	60 0
370	6 1	12 2	18 3	24 4	30 5	37 0	43 1	49 2	55 3	61 4
380	6 2	12 4	19 0	25 2	31 4	38 0	44 2	50 4	57 0	63 2
390	6 3	13 0	19 3	26 0	32 3	39 0	45 3	52 0	58 3	65 0
400	6 4	13 2	20 0	26 4	33 2	40 0	46 4	53 2	60 0	66 4

SECONDE TABLE contenant les épaiſſeurs des tuyaux de cuivre pour différens diametres, juſqu'à 20 pouces, & pour les hauteurs juſqu'à 400 pieds.

Diametre des tuyaux en pouces.

Cuivre.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	Epaiſſeurs des tuyaux en lignes & points.									
Hauteurs des tuyaux de cuivre en pieds.										
10	0 $\frac{1}{3}$	0 0$\frac{2}{3}$	0 1	0 1	0 2	0 2	0 2	0 3	0 3	0 3
20	0 1	0 1	0 2	0 3	0 3	0 4	0 5	0 5	1 0	1 1
30	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	1 0	1 1	1 2	1 3	1 4
40	0 1	0 3	0 4	0 5	1 1	1 2	1 3	1 5	2 0	2 1
50	0 2	0 3	0 5	1 1	1 2	1 4	2 0	2 1	2 3	2 5
60	0 2	0 4	1 0	1 2	1 4	2 0	2 2	2 4	3 0	3 2
70	0 2	0 5	1 1	1 3	2 0	2 2	2 4	3 1	3 3	3 5
80	0 3	0 5	1 2	1 5	2 1	2 4	3 1	3 3	4 0	4 3
90	0 3	1 0	1 3	2 0	2 3	3 0	3 3	4 0	4 3	5 0
100	0 3	1 0	1 4	2 1	2 5	3 2	3 5	4 3	5 0	5 3
110	0 4	1 1	1 5	2 3	3 0	3 4	4 2	4 5	5 3	6 1
120	0 4	1 2	2 0	2 4	3 2	4 0	4 4	5 2	6 0	6 4
130	0 4	1 3	2 1	2 5	3 4	4 2	5 0	5 5	6 3	7 1
140	0 5	1 3	2 2	3 1	4 0	4 4	5 3	6 1	7 0	7 5
150	0 5	1 4	2 3	3 2	4 1	5 0	5 5	6 4	7 3	8 2
160	0 5	1 5	2 4	3 3	4 3	5 2	6 1	7 1	8 0	8 5
170	1 0	1 5	2 5	3 5	4 4	5 4	6 4	7 3	8 3	9 3
180	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0
190	1 0	2 1	3 1	4 1	5 2	6 2	7 2	8 3	9 3	10 3
200	1 1	2 1	3 2	4 3	5 3	6 4	7 5	8 5	10 0	11 1

SUITE.

SUITE de la Table pour les tuyaux de cuivre.

Diametre des tuyaux en pouces.

Hauteur des tuyaux de cuivre en pieds.	Plomb.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
		Epaiſſeurs des tuyaux en lignes & points.									
	210	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	7 0	8 1	9 2	10 3	11 4
	220	1 1	2 3	3 4	4 5	6 1	7 2	8 3	9 5	11 0	12 1
	230	1 2	2 3	3 5	5 1	6 2	7 4	9 0	10 1	11 3	12 5
	240	1 2	2 4	4 0	5 2	6 4	8 0	9 2	10 4	12 0	13 2
	250	1 2	2 5	4 1	5 3	7 0	8 2	9 4	11 1	12 3	13 5
	260	1 3	2 5	4 2	5 4	7 1	8 4	10 1	11 3	13 0	14 2
	270	1 3	3 0	4 3	6 0	7 3	9 0	10 3	12 0	13 3	14 5
	280	1 3	3 1	4 4	6 1	7 5	9 2	10 5	12 3	14 0	15 2
	290	1 4	3 1	4 5	6 3	8 0	9 4	11 2	12 5	14 3	16 0
	300	1 4	3 2	5 0	6 4	8 2	10 0	11 4	13 2	15 0	16 3
	310	1 4	3 3	5 1	6 5	8 4	10 2	12 0	13 5	15 3	17 0
	320	1 5	3 3	5 2	7 1	8 5	10 4	12 3	14 1	16 0	17 3
	330	1 5	3 4	5 3	7 2	9 1	11 0	12 5	14 4	16 3	18 1
	340	1 5	3 5	5 4	7 3	9 3	11 2	13 1	15 1	17 0	18 4
	350	2 0	3 5	5 5	7 5	9 4	11 4	13 4	15 3	17 3	19 2
	360	2 0	4 0	6 0	8 0	10 0	12 0	14 0	16 0	18 0	19 5
	370	2 0	4 1	6 1	8 1	10 2	12 2	14 2	16 3	18 3	20 2
	380	2 1	4 1	6 2	8 3	10 3	12 4	14 5	16 5	19 0	21 0
	390	2 1	4 2	6 3	8 4	10 5	13 0	15 1	17 2	19 3	21 3
	400	2 1	4 3	6 4	8 5	11 1	13 2	15 3	17 5	20 0	22 0

Sur les Piſtons.

Les piſtons dont on ſe ſert communément peuvent ſe réduire à deux eſpeces, qui ſont les piſtons percés & les piſtons pleins : les uns & les autres ſe font ordinairement de bois. Comme on en a donné la deſcription dans les articles 866, 870, je n'en ferai mention préſentement que pour en examiner les défauts, afin d'y remédier par une conſtruction plus parfaite.

La grandeur du trou des piſtons percés dépend de la quantité d'eau qui doit y paſſer dans un tems déterminé & du poids dont le piſton eſt chargé.

953. Le principal inconvénient des piſtons de bois qu'on eſt obligé de percer, vient du trou qui affoiblit conſidérablement le barillet, ſur-tout quand il faut faire ce trou un peu grand, afin que l'eau qui doit y paſſer, quand le piſton deſcend, puiſſe monter ſans contrainte ; autrement il trouveroit une grande réſiſtance s'il avoit 6 pieds de jeu, & qu'il fût obligé de parcourir cet eſpace en deux ſecondes de tems, comme à la machine de *Frêne*, proche Condé, rien ne devant être forcé dans les machines ; ſans quoi l'on employe ſans le ſçavoir une partie de l'action du moteur à la deſtruction de la machine même. (903) Pour ne pas tomber dans ce cas, il faut avoir pour maxime, que lorſqu'un piſton percé deſcend, ſon propre poids doit ſuffire pour contraindre l'eau qui eſt dans le fond du corps de pompe, à paſſer naturellement au travers du trou, dans le tems qu'il met à deſcendre. Or comme ce tems eſt déterminé par la vîteſſe que doit avoir la machine, relativement à celle du moteur, on voit que cela dépend de la quantité d'eau que le piſton aſpire à chaque relevée, & de la grandeur du paſſage qu'elle doit traverſer.

PLAN. I. FIG. 8. Pour mieux expliquer ma penſée, ſuppoſons que l'on a un corps de pompe AB de 8 pouces de diametre intérieurement, que le jeu du piſton eſt de 6 pieds, & qu'il parcourt cet eſpace en deux ſecondes ; il aſpirera à chaque relevée environ 74 pintes d'eau, qui devant paſſer par le trou Z, dans le tems qu'il employera à deſcendre ; on demande quel eſt le poids dont il faut qu'il ſoit chargé afin de refouler l'eau, de façon qu'elle paſſe en deux ſecondes au travers du trou Z, qu'on ſuppoſe de trois pouces de diametre, qui eſt le plus qu'on puiſſe lui donner, eu égard à celui du corps de pompe, pour ne pas trop affoiblir le barillet. Car on ſent bien que la quantité d'eau qui paſſera à travers le piſton dans un tems déterminé, doit dépendre de la grandeur du trou, & de la vîteſſe que lui donnera le poids dont il ſera chargé ; (901) c'eſt pourquoi ce problême ſe réduit à ſçavoir quelle hauteur

d'eau il faudroit donner à un reſervoir percé par le fond d'un trou de trois pouces de diametre, pour qu'il en ſorte 74 pintes ou 148 livres en deux ſecondes (467).

954. Si le piſton avec ſon équipage peſoit moins que la colonne dont il s'agit, il faudroit pour ne rien forcer agrandir le trou Z pour ſuppléer à la vîteſſe que l'eau aura de moins, n'étant point refoulée par un poids convenable. Pour cela il faut que les ſuperficies des deux trous, & les vîteſſes de l'eau qui doit y paſſer compoſent quatre termes réciproquement proportionnels. Mais comme les poids dont nous parlons, peuvent être exprimés par des colonnes d'eau qui ont pour baſe le cercle du piſton, & que les racines quarrées des hauteurs de ces colonnes expriment les vîteſſes de l'eau, on pourra en leur place prendre les racines quarrées des poids dont le piſton ſeroit chargé, ſans ſe mettre en peine de leur nature.

Déterminer la grandeur du trou d'un piſton, connoiſſant le poids dont il eſt chargé, & la quantité d'eau qui doit y paſſer dans un tems déterminé.

Les deux regles précédentes pouvant avoir leur application dans la conſtruction des piſtons, afin de les percer relativement au diametre du corps de pompe, au poids du piſton, à ſon jeu & à ſa vîteſſe, j'ai été bien aiſe que l'occaſion les ait fait naître, pour montrer que rien n'eſt indifférent quand il eſt queſtion de bien proportionner les parties d'une pompe. Au reſte, on peut conclure de tout ceci que les piſtons de bois ne ſont pas auſſi commodes qu'on ſe l'étoit imaginé, puiſqu'on ne peut les percer par un trou d'une grandeur raiſonnable, ſans riſquer de les rendre trop foibles & ſujets à de continuelles réparations; c'eſt pourquoi je vais en décrire un autre beaucoup plus ſolide.

PLAN. 4.

955. Le piſton dont je parle eſt développé par les figures 14, 17, 18, 19, 20, 21 & 22; la quatorzieme repréſente une boîte de cuivre, à-peu-près ſemblable à celles qu'on met dans les moyeux des roues, elle forme le corps du piſton, qui a la figure d'un cône tronqué avec un petit rebord CC. La figure dix-huitieme en fait voir le profil, & la dix-neuvieme le plan ſuperieur, où l'on remarquera que cette boîte eſt traverſée d'une barre DD, percée d'une mortaiſe E. Sur la ſurface de la boîte eſt appliquée une bande de cuir AA (fig. 18, 20) embraſſée par le bas d'un cercle de fer, que l'on encaſtre dans l'épaiſſeur du cuir, qui a près de trois lignes, ce qui ſe diſtingue encore mieux dans la vingtieme figure.

Deſcription d'un piſton percé, plus ſolide & plus parfait qu'on ne les conſtruit ordinairement.

956. Le piſton eſt couvert d'une ſoupape de cuir, fortifiée par des plaques de tôle ou de cuivre GG, faites en ſegment de cercle, comme le montre la ving deuxieme figure. Au deſſus de la ſoupape il y a auſſi de ſemblables plaques, mais d'un plus petit

Détail de la ſoupape dont ce piſton eſt couvert.

diametre, afin qu'elles entrent dans le corps du piſton, comme le marque la circonférence ponctuée IK, n'y ayant que le cuir & les plaques ſupérieures qui repoſent ſur le bord de la boîte ; ainſi le cuir ſe trouve ſerré entre-deux, à l'aide de quatre vis H, accompagnées de leurs écrous.

Cette ſoupape s'applique ſur la boîte, en ſorte que le milieu FF ſoit poſé ſur la barre DD ; (fig 19.) pour lier le tout enſemble, on ſe ſert d'une croix de fer LMNOP, repréſentée par la vingt-unieme figure, qui eſt un profil coupé ſur la longueur de la
PLAN. 4. barre DD. La partie MN ſe poſe ſur le milieu FF de la ſoupape, alors le tenon OP traverſe le trou E, & enfile une barre de fer QR, dont les extrémités XX s'encaſtrent moitié par moitié dans l'intérieur de la boîte & dans ſon épaiſſeur qui eſt échancrée en cet endroit, de même que le cercle BB qui ſe trouve ſoutenu par ce moyen, & ſerré contre la boîte, en faiſant entrer une clavette V dans le trou T, comme on en peut juger par la figure 17, qui eſt encore un profil du piſton coupé à angle droit avec le précédent.

Quant à la tige LO, on l'ajuſte avec une barre de fer à l'aide d'un tenon qui eſt à ſon ſommet, de la mortaiſe qui paroît dans le milieu, & des deux viroles ſervant à les ſerrer l'une contre l'autre ; cette barre eſt pendue à une manivelle ou à l'extrémité d'un balancier.

Les dimenſions des parties de ce piſton pouvant être meſurées avec l'échelle qui lui appartient, je ne m'y arrêterai pas ; il me ſuffira de dire qu'on l'a exécuté ainſi aux pompes de la machine de Frêne, l'ayant deſſiné moi-même ſur les lieux, & qu'on l'a préferé à tous les autres dont on a fait l'eſſai. En effet il eſt d'une ſolidité à toute épreuve, & l'eau pouvant le traverſer ſans contrainte, quelque vîteſſe qu'il puiſſe avoir en deſcendant, je doute qu'on puiſſe rien imaginer de mieux.

Les piſtons pleins, tels qu'on les employe communément aux pompes refoulantes, ne laiſſent pas d'avoir leur mérite ; mais étant faits de bois ils durent peu, & ſont ſujets à ne pas ſi bien joindre de toutes parts contre le corps de pompe, qu'il ne paſſe de l'eau quand la colonne qu'il refoule eſt fort élevée, le cuir ne pouvant réſiſter au grand effort que l'eau fait pour s'échapper ; car comme il eſt moralement impoſſible qu'on puiſſe aleſer ſi parfaitement un tuyau, qu'il ne reſte des inégalités imperceptibles, le cuir s'uſe plus d'un côté que d'un autre, & fournit des paſſages à l'air ou à l'eau. Pour remédier à ces défauts, voici un

piſton beaucoup plus ſolide, & qui peut paſſer pour le plus parfait de tous ceux qui ont été mis en uſage juſqu'à préſent, comme on en va juger par l'explication des figures 15 & 16.

Deſcription d'un piſton plein, d'un fort bon uſage.

PLAN. 4. FIG. 15 & 16.

957. Le corps de ce piſton eſt compoſé de deux cylindres de cuivre ABCD, EFGH, d'une vis NO, & d'un anneau Z, le tout fondu enſemble; le diametre CD eſt d'une ligne ou d'une ligne & demie plus petit que celui du corps de pompe QRST, & le diametre EF n'eſt que moitié du précédent; quant à l'épaiſſeur AC, il ſuffira de lui donner le quart du diametre AB, & de faire EG environ double de EF.

On a un nombre de rondelles de cuir dont le diametre doit être un tant ſoit peu plus grand que celui du corps de pompe; après les avoir percé d'un trou dans le milieu, d'un diametre égal à GH, on les enfile ſur le cylindre EFGH, qui leur ſert de noyau. Après les avoir bien battu à coups de marteau, pour les preſſer les unes contre les autres ſur toute la hauteur EG, on en ajoute quelques-unes de plus, que l'on ſoutient par une plaque de cuivre IK, qui doit avoir pour épaiſſeur la moitié de AC, & qui étant auſſi percée dans le milieu, s'ajuſte ſur la partie LM, après quoi on preſſe le tout par le moyen de l'écrou VX que l'on fait tourner à force. Cela fait, on poſe le piſton ſur le tour pour réduire les rondelles à n'avoir plus que le même diametre de la tête du piſton; ainſi le tout forme un cylindre IABK, dont la ſurface eſt uniforme.

Ce piſton ainſi diſpoſé, on l'introduit ſans difficulté juſqu'au fond du corps de pompe, après quoi l'on verſe de l'eau deſſus; alors le cuir s'enfle, & toutes les rondelles s'uniſſent contre le corps de pompe, & forment enſemble un nouveau cylindre Y, dont le diametre eſt égal à celui du corps de pompe, & ne laiſſent aucune entrée à l'air dans le tems de l'aſpiration, ni de paſſage à l'eau quand elle eſt réfoulée. Il arrive même qu'à meſure que la ſurface du cylindre Y vient à s'uſer par le frottement, le cuir s'étend en dehors pour ſe renfler tout de nouveau, parce qu'il s'en faut bien qu'il ait atteint au commencement le terme de dilatation dont il eſt capable, ſur-tout ſi l'on employe du cuir de *Liege*, qui eſt le meilleur que l'on puiſſe mettre en œuvre; ainſi l'adhéſion eſt continuelle.

J'ajouterai que l'anneau Z, ſert à accrocher la tige P, de maniere qu'elle puiſſe y jouer ſans contrainte, afin que le piſton en montant & en deſcendant n'ait rien qui tende à le déterminer d'un côté plutôt que de l'autre; car comme on n'eſt pas toujours le

maître de faire agir la tige perpendiculairement, ſur-tout quand elle eſt ſuſpendue à une manivelle, il faut éviter qu'elle ne ſoit forcée dans ſon mouvement ; c'eſt pourquoi il vaut mieux dans les pompes refoulantes qu'elle ſoit accrochée au piſton, que d'y être fixe.

Deſcription d'un nouveau piſton qui a une proprieté ſinguliere.

958. Quoique le piſton précédent ſoit des meilleurs, il faut pourtant convenir qu'après un certain tems, lorſque le cuir ſera dilaté ſucceſſivement pour remplacer le déchet cauſé par le frottement, l'adhéſion ne ſera pas aſſez grande, pour ne pas céder tant ſoit peu à l'effort de l'eau qui ſera refoulée, ſi la colonne eſt fort élevée ; car la réſiſtance qu'elle cauſera par ſon poids ſera toujours la même, au lieu que l'adhéſion du piſton ira continuellement en diminuant. Ainſi, pour rendre les choſes égales, il faudroit qu'il y eût une cauſe qui proportionnât ſon adhéſion à l'effort qu'il eſt obligé de faire en refoulant, & alors un tel piſton auroit toute la perfection qu'on peut demander ; cette penſée m'ayant occupé pendant quelques jours, j'ai apperçu pluſieurs moyens de faire ce que je dis, & voici celui qui m'a paru le plus naturel & le plus commode dans l'exécution.

PLAN. 4. FIG. 1.

Il faut s'imaginer un cylindre de cuivre *g h*, creux & percé d'un nombre de trous ; ce cylindre doit être couvert par en haut d'un plateau AB de même matiere, l'un & l'autre fondus enſemble, auſſi-bien que le rebord IK, ſervant de bride pour attacher le cylindre à un ſecond plateau *c d*, ſemblable au premier, avec cette différence ſeulement, qu'il doit être percé dans le milieu d'un trou d'un diametre égal à celui de l'interieur du cylindre : là, il doit y avoir une ſoupape à coquille, en ſorte que la languette ſoit priſe entre la bride IK & le plateau, le tout retenu enſemble par des vis & des écrous. Sur le pourtour de chaque plateau, on pratiquera une gorge circulaire, dont les bords doivent être arrondis pour recevoir les ourlets d'une bourſe de cuir, de figure cylindrique, à laquelle les plateaux ſerviront de fond. Pour les unir enſemble on ſe ſervira de gros filets poiſſés, auſquels on fera faire un grand nombre de tours pour ſerrer fortement le cuir, en ſorte que le tout forme un tambour repréſenté par la neuvieme figure, qui ne doit avoir d'autre ouverture que celle du fond, lorſque la ſoupape, dont la queue paroît à l'endroit K de la même figure, eſt levée : on attachera le piſton à une tige H, ayant trois ou quatre branches IG, pour l'unir au plateau AB par le moyen des vis & des écrous.

On commencera par verſer de l'eau dans le corps de pompe,

tant qu'il y en ait à-peu-près jusques aux trois quarts de sa hauteur; ensuite on introduira le piston qui entrera d'abord sans difficulté, mais lorsqu'il viendra à descendre plus bas, l'air qui se trouvera renfermé au-dessous, étant comprimé, levera la soupape, passera dans le cylindre *gh*, de-là dans le tambour, lequel continuant à descendre, une partie de l'eau y passera aussi, jusqu'à ce que le piston soit parvenu à l'entrée du trou NO, c'est-à-dire dans la situation où on le voit présentement. Alors l'air étranger & l'eau ayant enflé le tambour plus qu'il n'étoit auparavant, le cuir commencera à s'unir au corps de pompe, foiblement à la vérité, mais assez pour empêcher l'introduction de l'air exterieur quand on levera le piston, parce que la soupape se refermera sur le champ. FIG. 1.

959. A mesure que le piston en montant & en descendant agira comme à l'ordinaire pour expulser l'air du tuyau d'aspiration, l'eau montera & parviendra enfin dans le corps de pompe. Lorsqu'elle y sera arrivée, le piston en voulant la refouler, en recevra lui-même une partie qui contraindra l'air à se réduire à chaque coup dans un moindre volume, & l'action du piston devenant toujours plus forte, à mesure que l'eau se trouvera élevée à une plus grande hauteur dans le tuyau montant, l'air du tambour acquerera aussi de son côté une plus grande force, par conséquent pressera de plus en plus le cuir contre la pompe; car ce que je dis de l'air doit aussi s'entendre de l'eau avec laquelle il est renfermé. Enfin, lorsque le tuyau montant sera plein, la force du ressort de l'air se trouvera en équilibre avec le poids de la colonne d'eau, à quelque hauteur qu'elle puisse être, & soit que le piston aspire ou qu'il refoule, son adhésion sera toujours la même. Quand le corps de pompe ne seroit pas parfaitement cylindrique, ce défaut qui seroit fort grand dans tout autre cas, sera indifférent dans celui-ci; puisque la surface du piston étant flexible, s'assujettira à la figure de celle qui lui est adhérente. *Effet du jeu de ce piston.*

Malgré tous les soins qu'on peut se donner pour la perfection d'une machine, on n'oseroit se promettre de la rendre entierement exempte de défauts, & c'est beaucoup faire quand on parvient à ne lui en laisser que le moins qu'il est possible; il arrive même assez souvent qu'en voulant éviter une imperfection, on en fait naître d'autres qui ne sont pas moins préjudiciables, & que tout bien considéré, il vaut encore mieux s'en tenir au premier projet. Le piston que nous venons de décrire ne peut point perdre d'eau, sa surface étant parfaitement unie à celle du corps de pompe;

mais comme de cette adhéſion il en réſulte un plus grand frottement, le cuir ne peut durer long-tems. C'eſt pourquoi il convient, pour ne pas le renouveller ſi ſouvent, d'en mettre pluſieurs l'un ſur l'autre, afin de fortifier la bourſe qui n'en ſera pas moins flexible à ſe dérober en partie aux inégalités que le corps de pompe pourroit lui oppoſer ; car le frottement dont il s'agit ici eſt bien différent de celui qui eſt occaſionné par la rencontre des ſurfaces des corps durs. Il faudroit donc, pour qu'un piſton ne laiſſât rien à déſirer, qu'il eût la proprieté du précedent, mais qu'il fût exempt de frottement, ce qui n'eſt pas impoſſible ; il faut ſeulement prendre garde de ne pas acheter cet avantage trop cher, en tombant dans quelque inconvénient qui en diminueroit le prix.

Deſcription d'un piſton ſans frottement, nouvellement imaginé.

960. Meſſieurs *Goſſet* & *De la Deuille*, en travaillant à la compoſition d'une machine hydraulique extrêmement ingénieuſe, & dont je donnerai la deſcription par la ſuite, ont imaginé un piſton entierement exempt de frottement, & qui peut s'employer indépendamment de la machine, dont il eſt une partie eſſentielle, comme ils l'ont fait au Jardin du Roi à Paris, à une pompe qui éleve de l'eau pour arroſer les plantes du même Jardin.

Le piſton dont il s'agit peut ſe faire auſſi grand qu'on veut, & avoir juſqu'à 36 pouces de diametre, mais je n'en donnerai que 15 à celui que je vais décrire, cette grandeur me paroiſſant ſuffiſante, pour les raiſons qu'on verra par la ſuite. Comme il doit agir dans un corps de pompe qui n'a rien de commun avec ceux dont j'ai parlé juſques ici, je commencerai par faire voir en quoi il conſiſte. Il eſt compoſé de deux plateaux de bois de chêne ou d'orme, ayant 28 pouces de diametre ſur 5 d'épaiſſeur ; au milieu de chacun on creuſe un vuide cylindrique de 15 pouces de diametre ſur deux & demi de profondeur, ce qui forme deux boîtes, que l'on applique l'une ſur l'autre dans un ſens oppoſé ; leur profil pris diametralement eſt repréſenté par chacun des rectangles ABCD, & EFGH.

PLAN. 4. FIG. 2.

Le piſton eſt compoſé d'une planchette circulaire YZ, d'un pouce d'épaiſſeur, dont le diametre doit être un peu moindre que celui du vuide TOQV, pour en faciliter le jeu. Cette planchette s'applique ſur un grand cercle de cuir, ou ſur pluſieurs quand un ſeul n'eſt pas aſſez fort, en ſorte qu'il déborde tout autour de 6 ou 7 pouces ; enſuite on loge la planchette YZ dans le fond de la boîte STVX, & l'on replie l'excédent tout autour du bord ESXG de la même boîte. On applique enſuite celui de l'autre boîte ABCD ſur le précedent, & le cuir ſe trouve ſerré entre deux,

deux. Afin qu'il le ſoit plus fortement, & que les deux boîtes n'en faſſent qu'une, on les retient enſemble par le moyen de pluſieurs boulons de fer 17, 18, dont les extrêmités ſont taillées en vis, pour s'ajuſter dans des écrous. Ainſi le piſton compoſe une eſpece de bourſe 3, 4, 5, 6, qui ſe retourne toutes les fois que le fond YZ eſt attiré vers le ciel, c'eſt-à-dire, que ce qui étoit intérieur devient extérieur.

Au fond de cette bourſe eſt un trou L, couvert d'une ſoupape K qui vient s'appuyer, quand elle eſt levée, contre l'anſe MWM, à laquelle eſt attachée la tige N, ſervant à faire monter & deſcendre le piſton. Pour cela il y a un autre trou 9, 10 dans le fond de la boîte ſupérieure, qui répond au tuyau montant 13, 14, dans lequel paſſe la tige N; ce trou eſt évaſé pour que le plateau puiſſe venir s'appliquer contre le ciel OQ quand le piſton monte. Dans le fond inférieur de la boîte, il y a un autre trou 19, 20 qui répond au tuyau d'aſpiration 15, 16, qui trempe dans l'eau qu'on veut élever; ce trou eſt couvert d'une ſoupape I, comme à l'ordinaire.

Quand le piſton vient à monter, l'eau qu'on ſuppoſe dans le tuyau d'aſpiration ouvre la ſoupape I, & paſſe dans le vuide qui ſe forme ſur la hauteur de 4 pouces, qui eſt le jeu que le piſton doit ſeulement avoir, pour ne pas trop affoiblir le cuir qui ne ſe ſoutiendroit pas long-tems s'il avoit beaucoup de portée, au lieu que n'ayant tout au plus que 2 pouces $\frac{1}{2}$ de 5 en X, il ne fatigue gueres. Quand le piſton baiſſe, la ſoupape I ſe referme, l'autre K s'ouvre, & l'eau qui eſt renfermée entre le fond TV & le cuir 3, 4, 5, 6, paſſe par le trou L, vient ſe rendre dans l'eſpace OPYZQ, & de-là eſt refoulée dans le tuyau montant; ainſi l'on voit que le piſton flottant toujours entre deux eaux, n'a nul frottement. J'ajouterai que lorſqu'il eſt fait de bon cuir, il peut travailler continuellement pendant trois ou quatre mois, ſans qu'on ſoit obligé d'y toucher, comme l'expérience l'a fait voir aux pompes que Meſſieurs *Goſſet* & *De la Deuille* ont fait exécuter pour épuiſer les eaux des mines de Bretagne.

Le ſeul défaut qu'on puiſſe trouver dans ce piſton, eſt que de quelque groſſeur que ſoit le tuyau montant 13, 14, la puiſſance eſt toujours chargée du poids d'une colonne d'eau qui auroit pour baſe le cercle OQ, & pour hauteur l'élevation du réſervoir au-deſſus de la ſource. Il eſt vrai qu'on peut augmenter le diametre de ce tuyau & diminuer celui du piſton, afin qu'étant égaux,

la puiſſance ne ſoit chargée que du poids qu'elle doit naturellement élever.

On trouvera peut-être que ce piſton ayant ſi peu de jeu, ne donnera pas beaucoup d'eau à chaque relevée; mais ce n'eſt pas là un défaut, puiſque les levées pourront être plus frequentes; ainſi ce que l'on perdra d'un côté, pourra être réparé de l'autre, & le produit ſera toujours le même que ſi le jeu étoit plus grand.

Comme il faut que la tige du piſton paſſe dans le tuyau montant, on ne peut élever l'eau avec cette pompe à une hauteur conſidérable. Cependant la tige de la pompe qui eſt exécutée au Jardin du Roi, a au moins 25 pieds, & ſi l'on en donne autant au tuyau d'aſpiration, on pourra toujours élever l'eau juſqu'à 50 pieds au-deſſus de la ſource, d'une maniere fort ſimple & avec très-peu de dépenſe; puiſqu'en ſe ſervant de tuyaux de bois, on pourra faire exécuter une pompe dans ce goût là, pour moins de 10 piſtoles, dans un grand nombre d'occaſions où elle peut devenir auſſi utile, que le ſeroit une machine conſtruite à grand frais.

Sur les Soupapes

Les différentes ſoupapes que l'on a mis en uſage juſques ici ſe réduiſent à quatre eſpeces; la *ſoupape à coquille*, la *ſoupape conique*, la *ſoupape ſpherique*, & la *ſoupape à clapet*; les trois premieres ſe font de cuivre: en voici la deſcription & les proprietés.

961. Si l'on conſidere la premiere figure de la planche 4, on y verra une ſoupape à coquille E, placée au fond d'un corps de pompe; la languette AA, acccompagnée de deux rondelles de cuir, eſt reſtreinte avec les brides du corps de pompe, & celles d'un eſpece de culot IK; à ce culot eſt enté, par un nœud de ſoudure, le tuyau d'aſpiration LM fait de plomb. Je crois qu'il n'eſt pas beſoin de dire que la ſoupape E eſt logée dans ſa coquille BC, & que la partie GH repréſente le ſupport de l'anneau dans lequel joue la tige F.

PLAN. 4.

Défauts des ſoupapes à coquille.

La figure huitieme repréſente encore la même ſoupape vue de profil, afin d'en mieux inſinuer les défauts, qui ſont plus eſſentiels qu'on ne penſe, puiſque ſi l'on y avoit bien fait attention, cette ſoupape ne ſeroit peut-être pas devenue d'un uſage auſſi commun. Pour en bien juger, il ſuffira de conſiderer que la ſuperficie de ſon grand cercle RL diminue le paſſage de l'eau de toute la capacité dont il occupe la place, puiſqu'elle ne peut s'échapper que par l'eſpace en forme de couronne qui regne entre la circonférence

du cercle RL & la surface du tuyau montant, ce qui est directement contraire aux articles 897, 899, où l'on a insinué qu'il falloit que l'eau qu'un piston refoule, trouve par-tout un passage libre & d'une capacité égale au cercle du corps de pompe, afin qu'elle ne soit pas forcée à passer dans un endroit avec plus de vîtesse que dans l'autre, parce qu'autrement la puissance qui donne le mouvement au piston, seroit obligée à un effort beaucoup plus grand que si l'eau n'étoit pas étranglée. FIG. 8.

962. Il semble que pour donner plus de facilité à l'eau de monter, il n'est besoin que de diminuer le cercle RL; mais cela ne se peut faire que l'on ne diminue aussi l'autre cercle ND, ou son égal MI, par conséquent sans retrecir le passage de l'eau au travers de la coquille BC; ainsi l'on tombe toujours dans le même inconvénient. Tout ce que l'on peut faire de mieux, c'est de regler de telle sorte les diametres RL & MI, que l'eau en traversant la coquille & en passant autour de la soupape, soit la moins contrainte qu'il est possible : pour cela il faut que la superficie du cercle MI soit égale à la couronne qui fait la différence des superficies des cercles RL & MI. Or comme cette soupape peut avoir son utilité dans certains cas, nous allons déterminer la grandeur de son diametre, eu égard à celui du corps de pompe ou du tuyau montant, pour rendre égaux les deux passages dont on vient de parler. Mais avant que d'en venir là, on sçaura que je nomme *repos*, le talud OI de la coquille, sur lequel appuye la surface extérieure de la soupape.

Regles pour trouver la proportion qu'il doit y avoir entre le diametre de cette soupape, & celui du corps de pompe.

Nommant a, le rayon du tuyau montant; b, la largeur du repos; x, le rayon du cercle MI ou ND; on aura $x+b$, pour le rayon du grand cercle de la soupape. Presentement, si l'on prend les quarrés des rayons pour exprimer les superficies de leur cercle, xx tiendra lieu de la couronne dont il s'agit, puisqu'elle doit être égale au cercle MI; & comme les cercles RL & MI pris ensemble valent le cercle QG, on formera cette équation $2xx+2bx+bb=aa$, de laquelle dégageant l'inconnue, il vient $x=\frac{\sqrt{\frac{aa}{2}-\frac{bb}{4}}}{}-\frac{b}{2}$. Or si l'on suppose b, d'un pouce; & a, de 5; on trouvera, en faisant le calcul, que x, ou le rayon du petit cercle de la soupape, vaut trois pouces, auxquelles ajoutant la largeur du repos, on aura 4 pouces pour le rayon de son grand cercle. Comme celui du corps de pompe en vaut cinq, les rayons de ces trois cercles seront dans le rapport des nombres 3, 4, 5; ce qui est bien évident. Car si le cercle ND ou MI est exprimé par le quarré de son rayon qui est 9, le passage de l'eau autour de la soupape sera aussi exprimé par

le même nombre, & la couronne qui exprime le talud du repos, pourra l'être par la différence du quarré de 3 à celui de 4, c'eſt-à-dire par celle de 9 à 16, qui eſt 7; cette différence étant ajoutée avec le double de 9, doit égaler le quarré de 5, auſſi a-t'on $18+7=25$.

PLAN. 4. FIG. 8. On voit que de quelque groſſeur que ſoit le corps de pompe, ou le tuyau montant, il faut, pour y proportionner la ſoupape, diviſer le rayon du corps de pompe en cinq parties égales, en prendre 3 pour le rayon du petit cercle ND ou MI, & 4 pour celui du grand cercle RL de la ſoupape.

Ayant recherché la hauteur qui pouvoit le mieux convenir à la ſurface convexe de la ſoupape; il m'a paru qu'il falloit donner au côté DL le quart du diametre RL de ſon grand cercle, & la huitieme partie à la largeur du repos; alors l'angle GDH ſera de 60 degrés, parce que le profil de la ſoupape formera un trapeze, tiré d'un triangle équilatéral qui auroit pour baſe le diametre RL.

Remarquez que l'eau refoulée du corps de pompe dans le tuyau montant, ſera extrêmement contrainte en traverſant un paſſage plus étroit que celui qui convient naturellement, qu'elle rencontrera en chemin le deſſous du pourtour de la coquille & le cercle ND, ce qui la fera rejaillir, & repouſſer celle de deſſous, & que ce ne ſera qu'avec une force extraordinaire qu'on la fera monter, d'autant plus qu'elle ſera pouſſée ſelon les directions PG & IK, obliques à la ſurface GK du tuyau. Ayant fait le calcul de la puiſſance qu'il falloit au-deſſus de l'équilibre, j'ai trouvé qu'elle devoit être au moins 12 fois plus grande que ſi l'eau montoit partout d'une vîteſſe uniforme. Je ne rapporte point le détail de ce calcul; il ſuffit de conclure que ſi l'on a égard à toutes les raiſons que je viens de rapporter, cette ſoupape ne convient nullement dans les pompes refoulantes placées au bas du tuyau montant, comme aux figures 14 & 17 de la planche deuxieme: cependant on peut s'en ſervir dans le fond d'un corps de pompe, ainſi qu'elle ſe trouve dans la premiere figure de la planche quatrieme. Car ſi la plus grande hauteur du piſton n'eſt pas au-deſſus de 27 ou 28 pieds, il reſtera aſſez de force au poids de l'atmoſphere pour faire monter l'eau dans le corps de pompe, avec une vîteſſe beaucoup plus grande que celle que pourra avoir le piſton, parce que l'eau aura toujours un paſſage plus grand que celui qu'on pourroit déterminer en ſuivant l'article 909.

Les ſoupapes à coquille, lorſqu'elles ſont bien faites. Cette ſoupape a encore un inconvénient, qui eſt de s'unir quelque fois ſi intimement à ſa coquille, qu'elle ceſſe de jouer. M. *de Fontenelle* en rapporte un exemple dans l'Hiſtoire de l'A-

cadémie Royale des Sciences, année 1703. Voici un extrait de ce qu'il a dit à ce ſujet.

tes, ont le défaut de s'arrêter quelquefois, quand les pompes jouent.

M. *Amontons*, ayant conſtruit une pompe refoulante enfoncée de 6 pieds dans l'eau, fut étonné de voir que les ſoupapes, qui étoient de fonte, parfaitement bien faites & bien dreſſées ſur leurs coquilles, s'arrêtoient tout-à-coup; il fit démonter la pompe pluſieurs fois pour voir ce qui en pouvoit être la cauſe, mais il n'apperçut rien de ſenſible.

Si ces ſoupapes, qui étoient poſées horiſontalement dans le corps de pompe, comme ſont par exemple celles de la dix-ſeptieme figure de la planche deuxieme, avoient été preſſées de haut en bas par le poids de l'atmoſphere, on auroit pu croire qu'elles s'étoient trouvées dans le cas de deux ſurfaces bien polies & mouillées, appliquées l'une contre l'autre, qui ne peuvent être ſéparées que par l'action d'un grand poids; mais il n'y avoit point d'air entre les ſoupapes & le piſton, dont elles puſſent être preſſées de haut en bas, au contraire elles étoient pouſſées de bas en haut par l'eau que refouloient les piſtons.

Cauſe à laquelle on peut attribuer l'adhéſion des ſoupapes à coquille.

Il ne reſte donc qu'une ſeule cauſe à laquelle on puiſſe attribuer la force de l'union des ſoupapes & de leurs coquilles, qui conſiſte dans l'eau qui les mouille. Il faut que les parties d'eau qui ſont entrées dans les pores de l'un de ces corps, s'accrochent ſi puiſſamment à l'autre, qu'il n'y en ait aucune qui ne tienne par ſes deux extrêmités aux deux corps, & qu'elles s'accrochent d'autant plus puiſſamment que les deux ſurfaces ſont plus polies, pour en exclure plus parfaitement l'air qui pourroit ſe trouver entre-deux, & qu'ainſi c'eſt la multitude des particules d'eau qui contribue à la grandeur de l'effet, par la difficulté de les détacher ou de les étendre, par conſéquent d'ouvrir les ſoupapes.

Il eſt certain que pour détacher du cuivre les parties d'eau qui le mouillent, il faut un effort aſſez conſidérable, & que ce n'eſt gueres que par l'évaporation ou par un frottement violent & à pluſieurs repriſes qu'on en vient entierement à bout. Quant à ce qui eſt d'étendre des parties d'eau, ni M. *Amontons*, ni tous les autres qui en ont voulu faire l'expérience, n'ont pu s'aſſurer que l'eau fût capable d'extenſion. Ainſi l'on peut croire que tout ſe réduit à la difficulté de détacher les parties d'eau; il eſt plus que vraiſemblable qu'elles ne s'accrochent pas avec la même force à toute ſorte de corps.

Preuve pour montrer la néceſſité de faire

963. Quoique j'aye aſſez fait ſentir dans les art. 903. 904. 905. l'importance de ne jamais contraindre l'eau refoulée à paſſer par

le trou des ſoupapes des pompes refoulantes auſſi grand que le cercle des piſtons.

des endroits plus petits que la ſuperficie du cercle du piſton ; je ne laiſſerai pas de déduire ici des mêmes articles deux regles générales qui s'appliquent naturellement aux ſoupapes à coquille.

Quand le trou par où doit paſſer l'eau refoulée, ſe trouve plus petit que le cercle du piſton, & que ce trou ne forme point un cercle parfait, mais une couronne ; la ſuperficie de cette couronne, ou de toute autre figure, & celle du cercle du piſton, peuvent être regardées comme les ſecondes puiſſances des diametres (902), par conſéquent les quarrés des mêmes ſuperficies comme les quatriemes puiſſances, qui expriment le rapport des forces *reſpectives* du courant (905) appliquées au piſton (903). Ainſi *lorſqu'on aura deux pompes de même calibre, deſtinées à refouler à la même hauteur une égale quantité d'eau ; que dans la premiere l'eau puiſſe monter ſans obſtacle, & que dans la ſeconde elle ſoit contrainte de paſſer par le trou d'une ſoupape dont la ſuperficie ſoit plus petite que celle du cercle du piſton ; on voit qu'il faudra que les forces qui les feront mouvoir avec la même vîteſſe, ſoient dans la raiſon réciproque des quarrés des ſuperficies du cercle du piſton, & du trou de la ſoupape.*

Par exemple, on a un piſton dont le cercle eſt de 50 pouces, il arrive par le défaut des ſoupapes à coquille, que l'eau eſt contrainte de paſſer par un trou dont la ſuperficie n'eſt que de 20 pouces ; regardant ces deux nombres comme les ſecondes puiſſances des diametres, les quarrés des mêmes nombres 2500 & 400, exprimeront le rapport des quatriemes puiſſances des diametres. Alors les forces qu'il faudra appliquer aux piſtons de ces deux pompes, ſeront dans la raiſon réciproque de 25 & de 4, c'eſt-à-dire, que s'il faut 4 degrés de force à la puiſſance qui refoule l'eau ſans obſtacle, il en faudra 25 à celle qui eſt obligée de la faire paſſer par la ſoupape à coquille ; ſans compter le ſurcroit de réſiſtance que cette derniere puiſſance trouvera de la part des obſtacles que cette ſoupape fait naître, par ſon oppoſition au paſſage de l'eau.

Lorſqu'une même puiſſance refoule l'eau par des ſoupapes de différentes groſſeurs, les tems de la levée du piſton ſont dans la raiſon réciproque des quar-

964 Si la puiſſance qui refoule l'eau du corps de pompe où il y a une ſoupape à coquille, n'étoit pas ſuſceptible d'accroiſſement, c'eſt-à dire, qu'elle reſtât égale à celle qui eſt appliquée à la pompe où il n'y a point d'obſtacle, *le tems qu'il faudra à la premiere, ſera au tems qu'il faudra à la ſeconde, pour faire faire au piſton le même chemin, ou pour élever des quantités d'eau égales, dans la raiſon réciproque de la ſuperficie du piſton, à celle du trou de la ſoupape* (905), &, ſelon l'exemple précédent, comme 50 eſt à 20, ou comme 5 eſt à 2 ; c'eſt-à-dire, que ſi l'on ſuppoſe qu'il faille à la ſe-

rés des diametres des soupapes.

conde puiſſance 4 ſecondes pour faire faire à ſon piſton 38 pouces, il faudra que la premiere puiſſance en employe 10 pour faire faire au ſien le même chemin ; ce qui eſt bien évident, par l'article 460, où il eſt démontré que *lorſque les hauteurs des réſervoirs ou les vîteſſes de l'eau ſont égales, par conſequent les forces qui les impriment, il faut, pour qu'il ſorte une égale quantité d'eau de deux orifices differens, que les tems de l'écoulement ſoient dans la raiſon réciproque des mêmes orifices.*

965. Il ne faut donc plus s'étonner s'il arrive ſouvent que les pompes ne donnent pas à beaucoup près la quantité d'eau qu'on devroit en attendre, eu égard à la force du moteur, parce que ſi le paſſage de l'eau ſe trouve retréci à l'endroit de la ſoupape, ou d'une branche, *la vîteſſe du piſton ſera d'autant plus retardée par rapport à celle du courant qui les meut, qu'il faudra que la vîteſſe reſpective de ce courant ſoit plus grande.*

Si l'on n'a point ſenti plûtôt le défaut des pompes refoulantes, cela vient d'avoir calculé leurs effets dans l'état d'équilibre.

Si l'on ne s'eſt point apperçu plutôt de l'inconvénient de faire paſſer l'eau par certains endroits avec plus de vîteſſe que n'en a le piſton, cela vient de ce que le plus grand nombre des Machiniſtes font leur calcul dans l'état d'équilibre, pour diminuer enſuite le poids d'une certaine quantité priſe au haſard, ſans ſe mettre en peine de la vîteſſe qui peut lui convenir. La plûpart même ne font cette diminution que pour avoir égard aux frottemens, quoique ce ſoit un objet entierement ſéparé du précédent. Au reſte on trouvera dans le 5e. chapitre la deſcription d'une nouvelle ſoupape, que je n'ai pu rapporter dans celui-ci, dont les planches étoient gravées long-tems avant que cette ſoupape me fût venue en penſée, ne l'ayant imaginée que depuis peu, pour rectifier la machine du Pont Notre-Dame à Paris. Il me reſte encore à parler de quelques autres ſoupapes qui ſont en uſage, mais que je ne rapporte que pour les faire connnoître, perſuadé qu'on ceſſera de s'en ſervir quand on connoîtra l'avantage de celle dont je viens de faire mention.

PLAN. 4. FIG. 7.

Deſcription des ſoupapes coniques & leurs défauts.

966. La ſoupape conique eſt compoſée d'une cône tronqué E, qui ſe loge dans une coquille BC, faite à-peu-près comme la précédente, avec cette différence qu'elle n'a point d'anneau dans le milieu, parce que la tige eſt fort courte. A ſon extrêmité eſt une goupille RG, qui empêche que la ſoupape ne s'échappe ; ſon grand cercle répond immédiatement à un chapiteau convexe, dont les rebords doivent avoir aſſez de ſaillie pour, qu'en retombant, ils ferment toujours exactement la coquille ; car n'y ayant rien qui contreigne l'axe du cône à reſter toujours dans le milieu, il pourroit, en s'écartant à droite ou à gauche, laiſſer un jour par où l'eau

du tuyau montant, redeſcendroit dans le corps de pompe. On voit que cette ſoupape eſt dans le cas de la précedente, retréciſſant de même le paſſage de l'eau, & que tout ce que nous venons de dire lui peut-être appliqué, c'eſt pourquoi je ne m'y arrêterai pas davantage.

Deſcription des ſoupapes ſphériques, & leurs défauts.

967. La ſoupape ſphérique eſt beaucoup plus ſimple, n'étant compoſée que d'une ſphere E, qui retombe dans une coquille BC lorſque le piſton aſpire. Il eſt certain que cette ſoupape ſeroit préferable à toutes les autres, ſi elle n'avoit pas le défaut de retrécir encore le paſſage de l'eau ; car dès qu'elle ſeroit une fois logée au bas d'un tuyau, elle joueroit nombre d'années ſans être obligée d'y toucher, n'étant ſujette à aucune réparation. Il eſt vrai qu'on pourroit élargir le tuyau montant au-deſſus & au-deſſous de la coquille, ſur la hauteur d'un diametre du même tuyau, afin que le trou de la coquille & le paſſage de l'eau autour de la ſphere ſoit égal au cercle du piſton, & que l'eau ait par-tout une vîteſſe uniforme; alors cette ſoupape ſeroit auſſi parfaite qu'on le peut déſirer. Il faut ſeulement prendre garde de ne pas la faire trop légere ni trop peſante; car ſi elle eſt trop legere & que le tuyau montant ſoit de même calibre que le corps de pompe, l'impulſion de l'eau ne manquera pas de l'élever à une hauteur conſidérable, & la coquille ne ſera pas fermée aſſez promptement pour empêcher que l'eau ne redeſcende. Il pourra même arriver un effet aſſez biſarre, qui eſt de voir la même eau paſſer continuellement du corps de pompe dans le tuyau montant, & du tuyau montant dans le corps de pompe, ſelon que le piſton aſpirera ou refoulera ; car ſi le paſſage n'eſt pas interrompu dans le moment que l'impulſion vient à ceſſer, il ne montera pas de nouvelle eau dans le corps de pompe, ni dans le réſervoir.

FIG. 6.

Si au contraire la ſoupape eſt fort peſante, comme de 60 ou 70 livres, qui eſt à-peu-près le poids qu'elle auroit, ſi étant maſſive elle avoit 7 à 8 pouces de diametre, la puiſſance ſera obligée de le ſurmonter, indépendamment de celui de la colonne d'eau. Il faut donc pour prendre un juſte milieu, regler la peſanteur ſpécifique de la ſoupape ſur la vîteſſe du piſton, afin qu'elle ne s'éloigne jamais de ſa coquille qu'autant qu'il le faudra pour laiſſer paſſer l'eau, à moins que pour éviter tout inconvénient elle n'y ſoit retenue par une chaîne.

PLAN, 4. FIG. 5.

Deſcription des ſoupapes faites en clapet.

968. Il nous reſte à parler de la ſoupape faite en clapet, qui eſt aſſurément la moins imparfaite, laiſſant un libre paſſage à l'eau comme on en peut juger par la cinquieme figure, où l'on voit la ſoupape AD qui differe peu de celle qui eſt décrite dans l'article

cle 867. Elle eſt compoſée d'un morceau de cuir CD, ſerré entre deux plaques de cuivre AB & EF, dont la premiere a un diametre de deux ou trois pouces plus grand que celui du tuyau LM; la ſeconde EF a au contraire ſon diametre un peu plus petit que celui de ce tuyau, afin de pouvoir entrer dedans. Ces deux plaques ſont reſtreintes enſemble par une vis SR, & un écrou GH; la piece de cuir a une queue DT ſervant de charniere, ſerrée entre les brides comme à l'ordinaire.

Cette ſoupape, que l'on ſuppoſe placée au bas d'un tuyau montant, eſt logée dans un tambour IK, pour ne point retrécir le paſſage de l'eau en cet endroit; je veux dire que l'on a enflé le bas du tuyau montant NO, afin d'avoir une couronne YZ tout autour de la bride du tuyau LM, pour appuyer la ſoupape qui ſe trouve par conſéquent horiſontale: ſituation préferable à celle que l'on peut nommer verticale, comme dans les figures 6 & 7 de la planche premiere, aux endroits S & C, qui ne ferme pas ſi bien; il eſt vrai qu'en récompenſe l'eſpace vuide n'eſt pas ſi grand.

On pourroit ſe diſpenſer de faire cette ſoupape auſſi materielle qu'elle le paroît ici, autrement la charniere qui n'eſt que de cuir ſeroit bientôt uſée, étant la partie la plus foible; auſſi eſt-ce toujours par-là que manquent ces ſortes de ſoupapes, ſur-tout quand elles ont beaucoup de portée. D'ailleurs elles ſont ſujettes à de fréquentes réparations, & ne ſont pas commodes pour la fermeture des grands tuyaux, parce qu'il arrive aſſez ſouvent qu'en retombant elles s'écartent d'un côté plus que de l'autre, & ne ferment pas toujours exactement; le cuir de la charniere devenant trop flexible n'a plus aſſez de corps pour obliger la ſoupape à ſuivre toujours la même détermination. Pour remédier à cet inconvénient, on pourroit, quand le tuyau montant a 8 ou 10 pouces de diametre, faire une ſoupape compoſée de deux clapets, comme celle que je vais décrire.

Deſcription d'une nouvelle ſoupape en clapet, à l'uſage des gros tuyaux.

969. Il faut s'imaginer une couronne de cuivre telle qu'on la voit repréſentée par la dix-neuvieme figure, dont le petit diametre ſoit égal à celui du tuyau montant, & que celui du grand cercle donne à la couronne toute la largeur néceſſaire pour être ſerrée entre les brides du tambour & celles du tuyau recourbé. Cette couronne doit être traverſée diamétralement par une barre DD, en ſorte que le tout ne faſſe qu'une piece, ainſi qu'on l'a exprimé en profil dans la quatrieme figure, où la partie LM repréſente cette couronne avec la barre A vue en travers. On fera un cercle de cuir d'un diametre de deux pouces plus grand que celui du tu-

PLAN. 4.

yau montant, pour déborder autour du trou ; on en formera deux clapets E & I, fortifiés en deſſus & en deſſous par des plaques de cuivre GH, entretenues enſemble, ainſi qu'il a été détaillé, en décrivant dans l'article 956 la ſoupape du piſton de la dix-ſeptieme figure. On appliquera le cercle de cuir diamétralement le long de la traverſe A, on poſera deſſus une regle de cuivre B de même longueur, & on les unira enſemble par deux vis, comme on l'a repréſenté dans la troiſieme figure, où l'on remarquera que la regle BC, eſt accompagnée d'une eſpece de poignée DE, vue en face, au lieu que dans la quatrieme elle paroît de profil. Cette poignée ſert à empêcher que les clapets ne retombent tous deux du même côté. Il eſt certain que cette ſoupape eſt des plus commode, & qu'elle retrécit ſi peu le paſſage, que cela ne mérite pas la peine d'y faire attention.

Autre ſoupape en clapet, faite de cuivre, pour les gros tuyaux.

970. Dûſſai-je encourir le reproche de trop m'arrêter à des ſujets qui ſemblent ne pas le mériter, il me reſte encore une ſoupape à décrire ; car j'avoue ingénuement que je ne puis me taire, lorſque j'apperçois quelque choſe qui a une apparence d'utilité. Les clapets de cuir n'étant point d'une longue durée, j'ai penſé qu'on en pourroit faire en cuivre d'auſſi commodes, en les compoſant de deux demi-cercles enclavés enſemble par une charniere commune, ce qu'on entendra du premier coup d'œil, en conſidérant les figures 10, 11, 12 & 13. La treizieme figure repréſente le plan de ces clapets dans la ſituation où ils ſe trouvent lorſqu'ils ſont fermés ; ils ſont logés dans une boîte BB, dont le relief eſt égal au leur, & ſe meuvent par le moyen des charnieres GG, dont la goupille eſt entretenue par ſes extrêmités dans deux montans E, qu'on ne peut bien diſtinguer que dans la douzieme figure. Vers le haut de chaque montant eſt un bouton F, qui ſert à maintenir les clapets dans la ſituation où ils ſont repréſentés dans les figures 10 & 11, afin qu'ils puiſſent retomber chacun de leur côté, auſſi-tôt que le piſton ceſſe de refouler. Comme les différens développemens que je donne ici ſont aſſez bien exprimés pour juger de quoi il s'agit, je ne m'arrêterai point à une plus ample explication ; je dirai ſeulement que la languette AA doit être ſerrée avec des rondelles de cuir, entre les brides du tambour IK & celles du tuyau LM, qui répond au corps de pompe.

On trouvera dans le cinquieme chapitre une ſoupape beaucoup plus parfaite que les précédentes, qui m'eſt venue en penſée depuis peu, à l'occaſion des nouvelles pompes que j'ai imaginées pour rectifier la machine appliquée au Pont Notre-Dame.

Il y a encore une autre ſoupape qui ſe place au fond des réſervoirs ou baſſins, ſervant pour les mettre à ſec, ou à lâcher l'eau dans les tuyaux de conduite, pour la faire jaillir dans un jardin de plaiſance. Cette ſoupape, que l'on voit repréſentée par la dixieme figure de la premiere planche du chapitre ſuivant, eſt compoſée d'une boîte de cuivre ABCD nommé *crapaudine femelle*, accompagnée d'un rebord BC, évaſé comme les coquilles des ſoupapes ordinaires, pour loger le couvercle G nommé *crapaudine mâle*, auquel eſt attachée une tige H, ſervant à ouvrir & à fermer la ſoupape à l'aide de la traverſe EF, percée dans le milieu d'un trou dans lequel la tige joue perpendiculairement.

Voilà en général ce qu'il m'a paru qu'on pouvoit dire ſur les pompes, peut-être trouvera-t'on que je ſuis entré dans un trop grand détail ; mais j'ai cru qu'un ſujet auſſi utile que celui-ci, & ſur lequel on n'a point écrit, ne pouvoit être trop développé, m'étant principalement propoſé l'inſtruction de ceux qui ont du goût pour les machines, & auſquels je ne devois pas ſuppoſer plus de connoiſſances que n'en ont la plûpart des ouvriers qui s'en mêlent ; je pourrois ajouter que les pompes étant les parties les plus eſſentielles des machines Hydrauliques, ce chapitre devient la baſe de celles que je vais expliquer.

CHAPITRE IV.

Où l'on décrit pluſieurs machines pour élever l'eau par le moyen des pompes.

971. DE quelque maniere que l'on s'y prenne pour élever l'eau par le moyen des pompes, on tombera toujours dans l'un des trois cas que voici. Le premier, de la tirer d'un lieu profond, pour l'élever juſqu'au rez-de-chauſſée; & c'eſt ce qu'on peut faire en ſe ſervant des *pompes aſpirantes*, repetées autant de fois qu'il eſt néceſſaire. Le ſecond, lorſqu'on veut élever l'eau d'une ſource ſur une montagne; il faut ſe ſervir des *pompes refoulantes*, qui contreignent l'eau de monter dans des tuyaux, poſés verticalement, ou le long d'un plan incliné. Et le troiſieme, lorſque l'eau ſe trouvant fort inférieure au rez-de-chauſſée, on veut l'élever beaucoup au-deſſus; alors comme ce cas renferme les deux précedens, il faut néceſſairement ſe ſervir des pompes *aſpirantes & refoulantes*.

Pour donner dans ce chapitre différens moyens de faire mouvoir les pompes qui conviennent aux trois cas précedens, & qui ſoient en même-tems à portée d'être exécutées par des particuliers, nous commencerons par la deſcription d'une pompe aſpirante, exprimée ſur la premiere planche, dont l'uſage eſt de tirer l'eau d'un puits ou d'une citerne.

PLAN. 1. FIG. 1. & 2.

Deſcription d'une pompe domeſtique pour élever l'eau d'un puits ou d'une citerne.

972. Cette pompe eſt compoſée d'un tuyau de plomb A de deux pouces de diametre, qui trempe dans l'eau qu'on veut élever, ayant ſon extrêmité F coudée afin de l'arrêter ſur un ſocle de bois ou de pierre. Ce tuyau aboutit à un autre B, auſſi de plomb, de cinq pouces de diametre, ſervant de corps de pompe, ayant ſa partie N terminée en entonnoir pour ſe raccorder avec l'aſpirant, & pour ſervir à loger un petit barillet D couvert d'une ſoupape ou clapet O; ce barrillet eſt de bois garni de filaſſe, afin que l'eau qui eſt montée dans le corps de pompe, ne puiſſe plus deſcendre lorſque la ſoupape eſt fermée.

Le piſton de cette pompe eſt compoſé d'un autre petit barillet E, garni par le haut d'une bande de cuir; il eſt attaché à une anſe de fer ſuſpendue à la verge C, & couvert par la ſoupape N, qui s'ouvre & ſe ferme alternativement avec la précedente, de la même maniere qu'on l'a expliqué dans l'article 868.

La puiſſance appliquée à la poignée K, fait jouer le levier MAI, dont le bras LK eſt de 30 pouces, & l'autre LM de 5; ainſi l'on

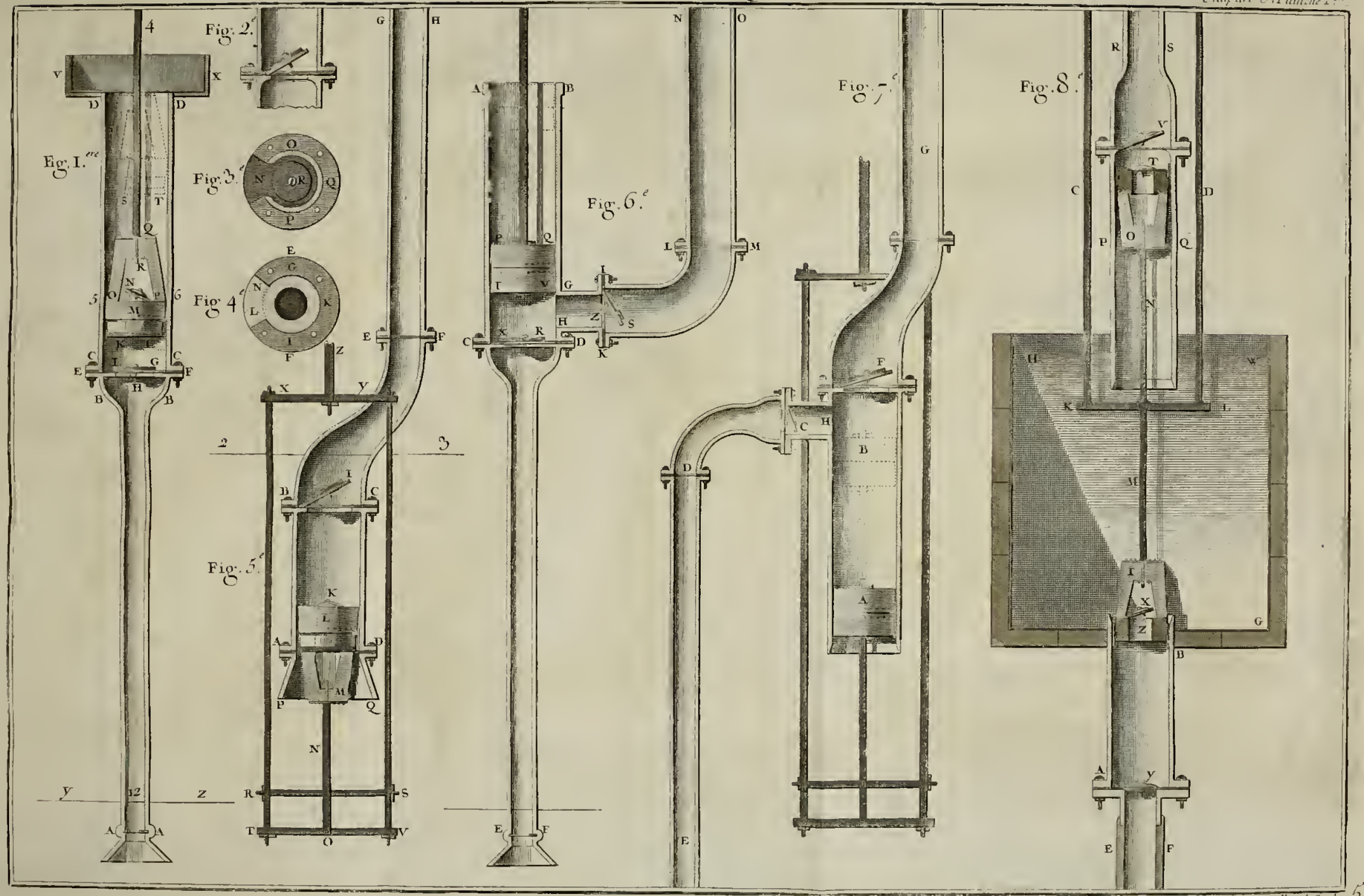


Fig. 1.ere
Fig. 2.e
Fig. 3.e
Fig. 4.e
Fig. 5.e
Fig. 6.e
Fig. 7.e
Fig. 8.e

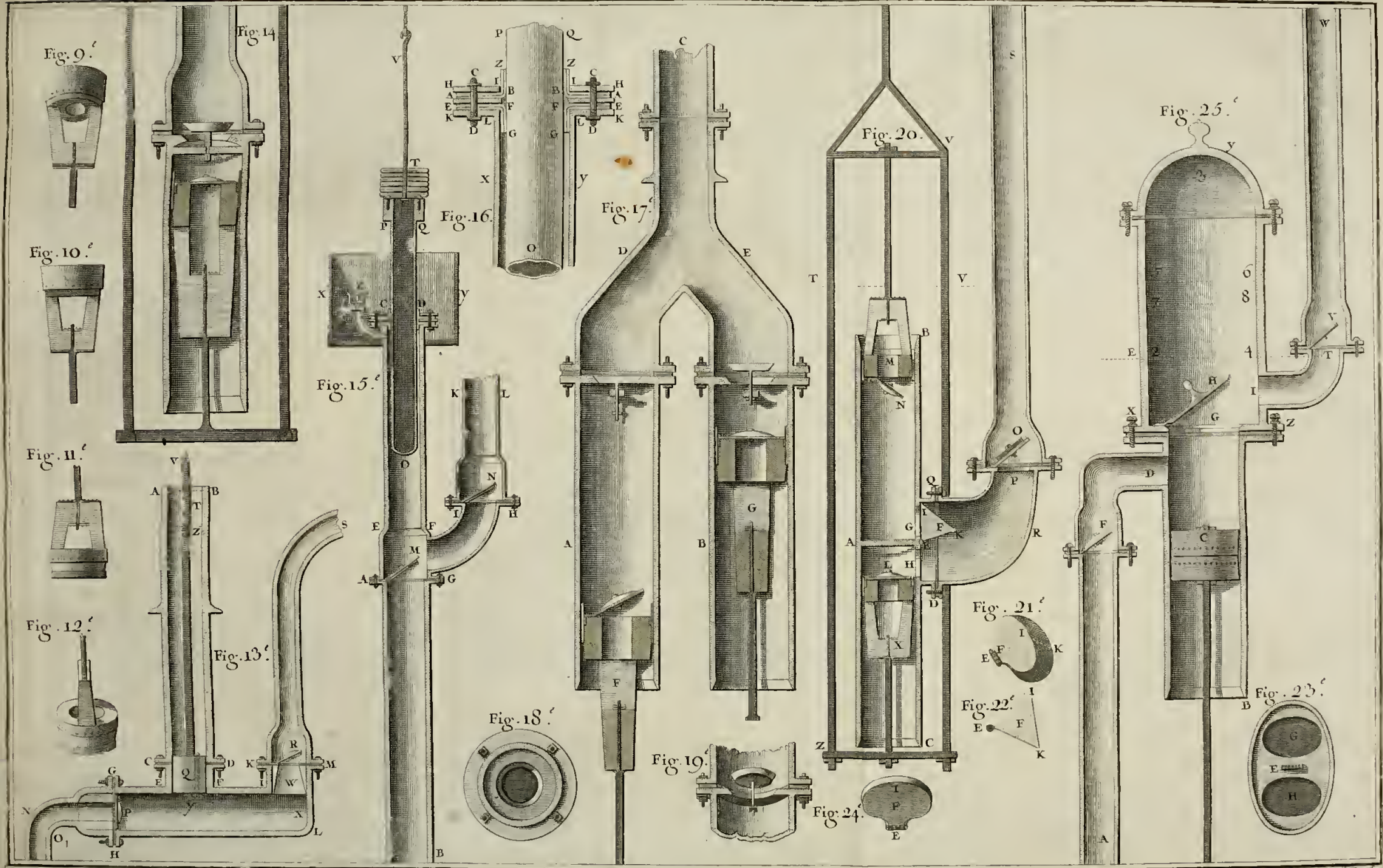
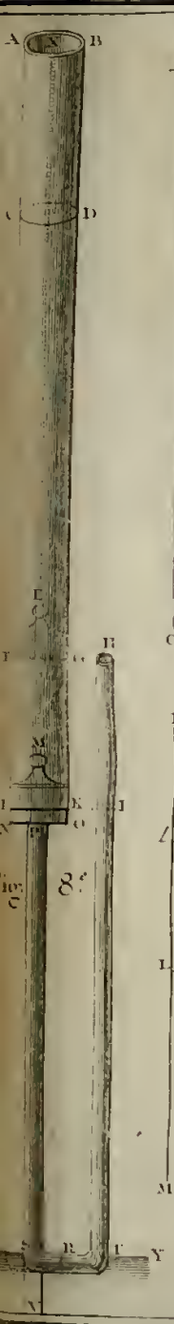


Fig. 9.e
Fig. 14
Fig. 10.e
Fig. 11.e
Fig. 12.e
Fig. 13.e
Fig. 15.e
Fig. 16.
Fig. 17.e
Fig. 18.e
Fig. 19.e
Fig. 20.
Fig. 24.
Fig. 21.e
Fig. 22.e
Fig. 25.e
Fig. 23.e



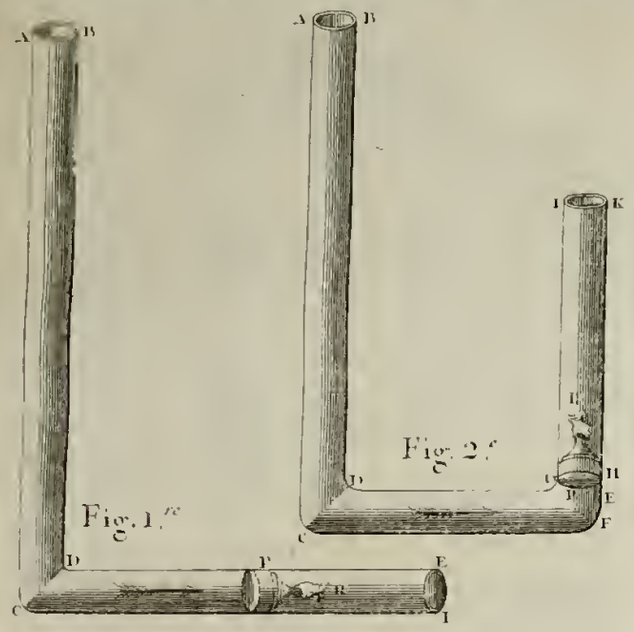


Fig. 1.re

Fig. 2.e

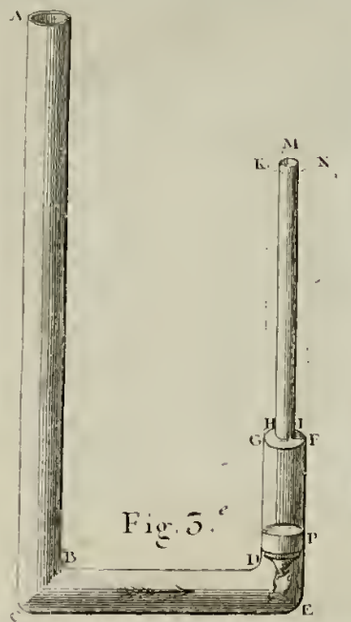


Fig. 3.e

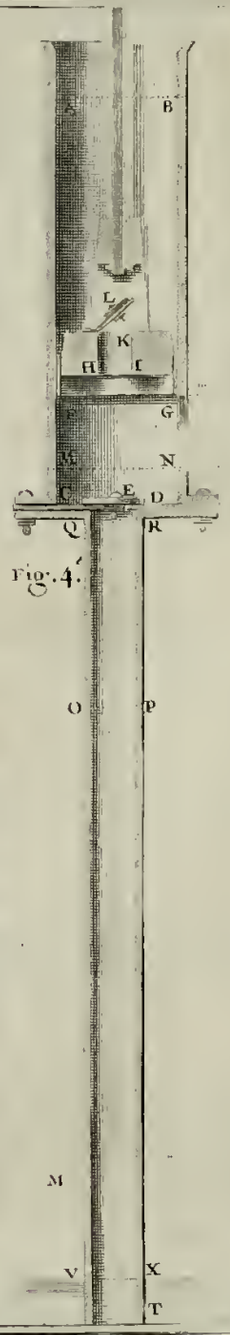


Fig. 4.e

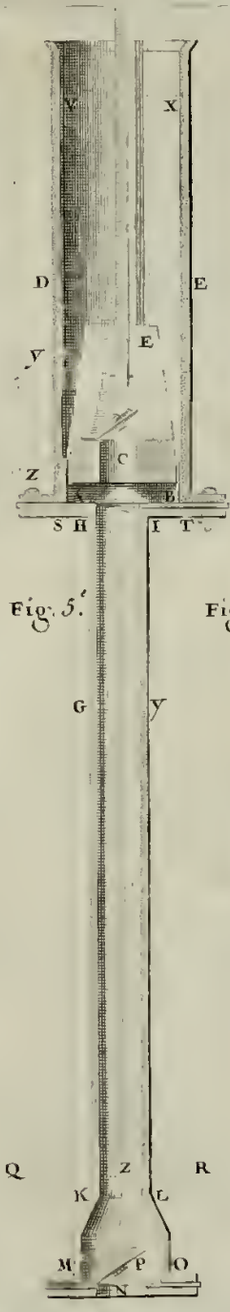


Fig. 5.e

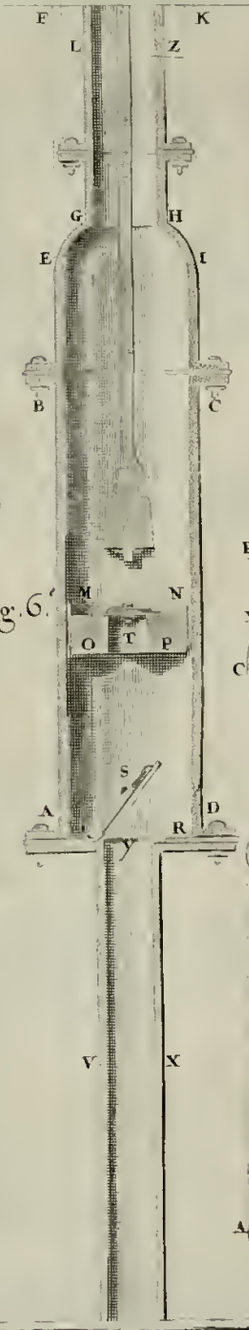


Fig. 6.e

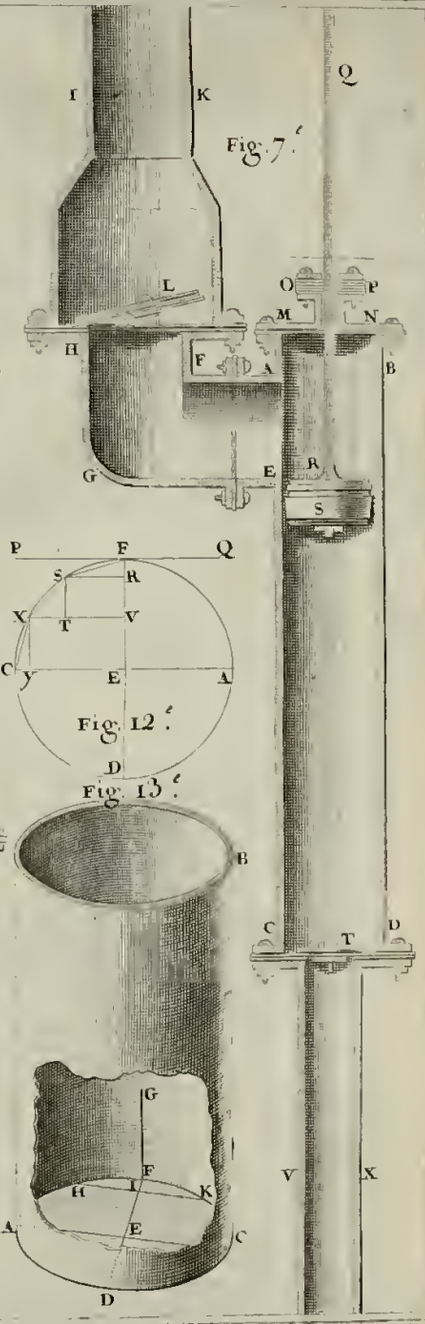


Fig. 7.e

Fig. 12.e

Fig. 13.e

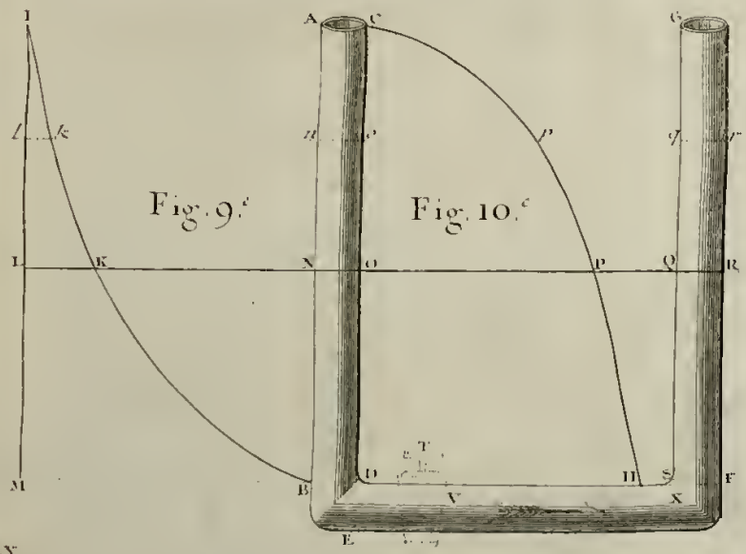


Fig. 9.e

Fig. 10.e

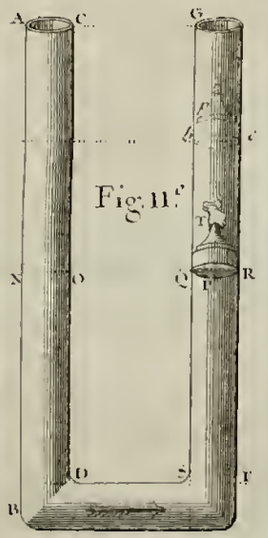


Fig. 11.e

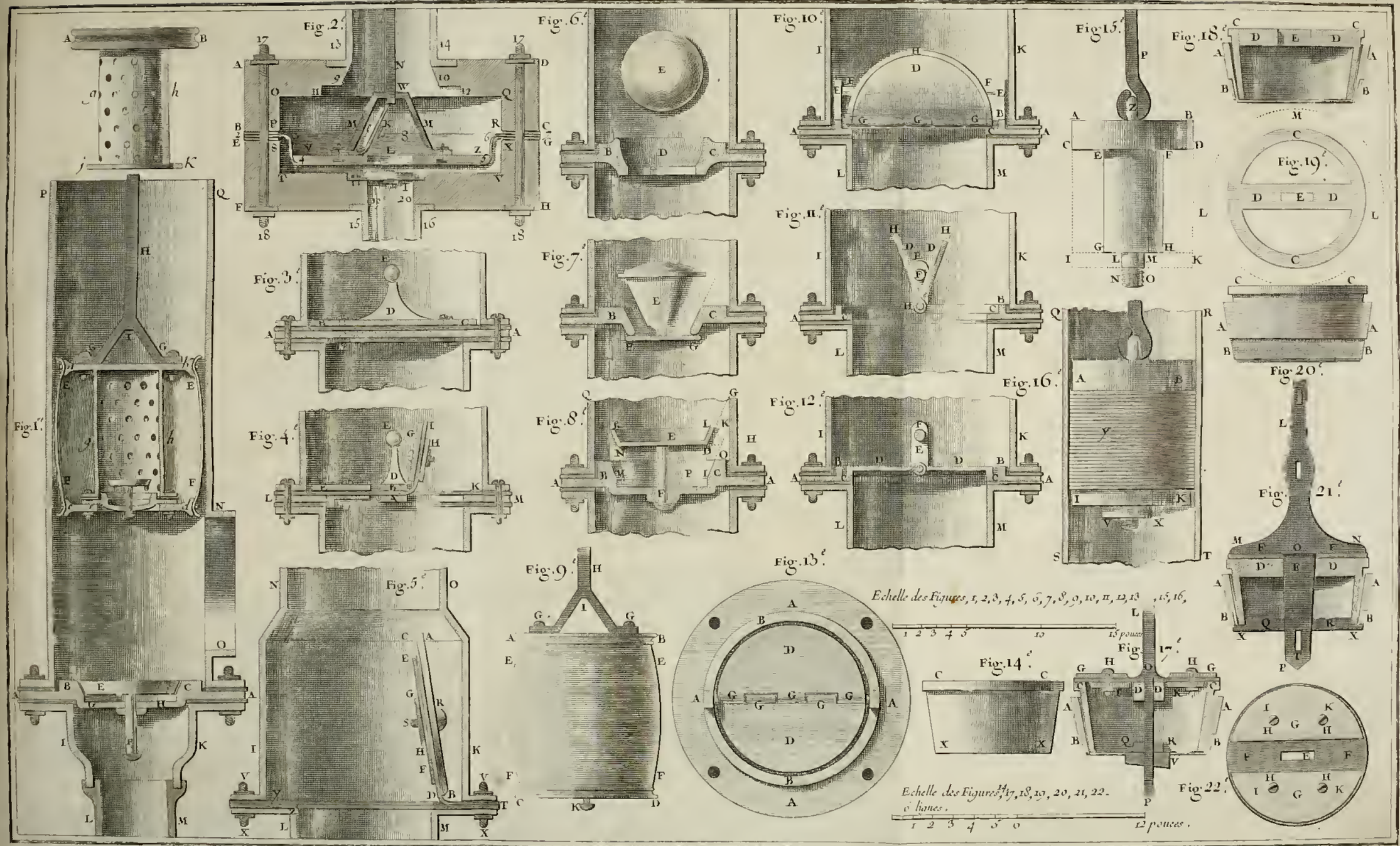


Fig. 1.e
Fig. 2.e
Fig. 3.e
Fig. 4.e
Fig. 5.e
Fig. 6.e
Fig. 7.e
Fig. 8.e
Fig. 9.e
Fig. 10.e
Fig. 11.e
Fig. 12.e
Fig. 13.e
Fig. 14.e
Fig. 15.e
Fig. 16.e
Fig. 17.e
Fig. 18.e
Fig. 19.e
Fig. 20.e
Fig. 21.e
Fig. 22.e
Echelle des Figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16,
1 2 3 4 5 10 15 pouces.
Echelle des Figures 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22.
1 2 3 4 5 6 12 pouces.

voit que la puiſſance eſt la ſixieme partie du poids, lequel eſt exprimé ici par celui d'une colonne d'eau de 5 pouces de diametre, ayant pour hauteur l'élevation de la gargouille P au-deſſus du niveau de l'eau.

Les pieces F & G, déſignées par la figure 4, ſont deux outils de fer, ſervant à aſſeoir ou à retirer le barillet D, que les ouvriers nomment *ſecret*. Pour le placer on le laiſſe couler dans le corps de pompe, & on l'affermit en le frappant avec la tête circulaire de la piece F. Pour le retirer on commence par lever la ſoupape O avec le crochet G, enſuite on introduit dedans l'autre bout H de l'outil F, avec lequel on l'accroche par le deſſous. Pour plus d'intelligence, les figures 5 & 6 expriment en grand les deux barillets & leurs ſoupapes, qu'il ſera aiſé de rapporter à la premiere figure, en ſuivant les lettres qui lui ſont relatives.

Moyen fort ſimple d'élever l'eau par reprise à une hauteur de 40 ou 50 pieds.

973. La figure 7 repréſente l'élevation d'une pompe qui peut avoir ſon utilité; le levier A fait mouvoir deux verges de fer B, C, dont l'une baiſſe tandis que l'autre hauſſe, ce qui peut ſervir dans les cas où l'eau ſe trouve trop baſſe, pour être levée tout d'une venue. Par exemple, ſi on avoit un puits de 40 pieds de profondeur, on pourroit avoir deux corps de pompes, le premier placé environ au milieu de la profondeur du puits, & l'autre au-deſſus du rez-de-chauſſée; la verge C fera mouvoir le piſton qui aſpirera l'eau à la hauteur de 18 ou 20 pieds, pour être enſuite repriſe par le piſton du corps de pompe qui répond à la verge B.

Moyen de rendre une pompe aſpirante mitoyenne.

974. La figure 8 montre une autre ſorte de pompe aſpirante, qui joue par le moyen d'une balance E; la puiſſance eſt appliquée à la corde A, & leve le poids B, & ce poids en baiſſant, fait hauſſer la verge C. Cette pompe, qu'on ſuppoſe dans une cour, peut devenir ſi l'on veut, mitoyenne à un jardin, parce qu'ayant une corde attachée au bras D de la balance, & la faiſant paſſer à travers le mur de clôture; en tirant la poignée F, on fera mouvoir le poids B, & par conſéquent le piſton qui répond à la verge C qui conduira l'eau dans le tuyau G pour la décharger par la gargouille H; mais alors il faut fermer l'autre I & réciproquement. Quant à la figure 9, elle repréſente deux corps de pompe de bois à l'uſage des vaiſſeaux; on s'en ſert auſſi pour arroſer les jardins.

Maniere de faire agir alternativement deux pompes aſpirantes.

975. La figure 3 de la troiſieme planche, repréſente encore le deſſein d'une machine propre à faire jouer à force de bras des pompes aſpirantes. La manivelle A, à laquelle doit être appliquée la puiſſance, eſt accompagnée d'une volée B pour entretenir l'uniformité du mouvement. A l'eſſieu de cette volée eſt un pignon C

PLAN. 3. FIG. 3. qui s'engraine avec une roue D, dont l'eſſieu GH eſt coudé, de maniere à former une double manivelle LMKINO, à laquelle ſont ſuſpendues les verges EF des piſtons qui aſpirent alternativement, pour qu'il n'y ait point de tems perdu.

A l'égard des dimenſions qui conviennent le mieux aux parties de cette machine, il faut donner 12 pouces au coude de la manivelle A; 6 à celui de l'autre manivelle MN; 6 au rayon de la roue D, 2 à celui du pignon C, & 3 pieds à celui de la volée B.

Calcul de la machine précedente, pour trouver le diametre des piſtons, relativement à la puiſſance & à la hauteur où l'on veut élever l'eau.

976. Suppoſant que l'on veuille élever l'eau à une hauteur de 28 pieds, par le moyen de la force d'un homme, que nous eſtimons de 25 livres, appliqué à la manivelle A; voici comment on pourra trouver le diametre des piſtons, pour que le poids de la colonne d'eau ſoit proportionné à la puiſſance.

Si l'on ſe rappelle ce qui a été enſeigné dans les articles 109, 110 & 111, on verra que cette machine peut être conſiderée comme ſi elle n'avoit qu'un corps de pompe, dont le piſton fît monter l'eau ſans interruption, & que le bras de levier moyen qui répond au poids, doit être exprimé par les *deux tiers* du coude LM ou NO de la manivelle. Or comme il ſe rencontre ici quatre bras de levier entre la puiſſance & le poids, qui ſont le coude LM réduit à 4 pouces; le rayon de la roue D de 6; celui du pignon C de 2; & le coude de la manivelle A de 12, la puiſſance ſera au poids (74) comme 4×2 eſt à 6×12, ou comme 1 eſt à 9. On pourra donc dire, comme 1 eſt à 9, ainſi 25 eſt à un quatrieme terme, qu'on trouvera de 225 livres, pour le poids de la colonne d'eau que la puiſſance doit élever, dont on aura le volume, en diſant: Si 70 livres d'eau donnent 728 pouces cubes, combien donneront 225 livres? Il vient 5554 pouces cubes, qu'il faut diviſer par 28 pieds, ou 336 pouces, hauteur de la colonne dont il s'agit; on aura environ 16 pouces & demi pour la ſuperficie du cercle de ſa baſe qui repond à un diametre de 4 pouces 6 lignes.

Eſtimation de la quantité d'eau que cette machine peut élever par heure.

977. Pour calculer le produit de cette machine, il faut conſiderer que le coude de la manivelle MN étant de 6 pouces, la levée de chaque piſton ſera de 12; ainſi, dans chaque révolution que fera cette manivelle, les deux piſtons enſemble déchargeront une colonne d'eau de 2 pieds de hauteur, ſur 4 pouces 6 lignes de diametre, qui peſe environ 15 livres $\frac{1}{2}$

Le rayon du pignon C n'étant que le tiers de celui de la roue D, il faudra que la puiſſance faſſe faire trois tours à la manivelle A, pour que l'autre MN en faſſe un; comme cette puiſſance pourra faire en une heure mille révolutions, (121) il ſuit que la mani-

velle MN, n'en fera que 333 dans le même tems, qui étant multipliés par $15\frac{1}{2}$, donnent 5161 livres d'eau par heure, ou 184 pouces. PLAN. 2. FIG. 3.

978. Voici un moyen assez simple de faire agir deux pompes, à l'aide d'un balancier AB, chargé de poids à ses extrêmités; il est porté en équilibre sur deux tourillons C, comme on le peut voir sur le plan. A droite & à gauche sont deux bouts de planches I, clouées sur deux traverses E, D, attachées à l'essieu. Sur ces deux planches est placé un homme, qui doit donner le mouvement au balancier; & pour qu'il y soit en sûreté, on a élevé quatre poteaux assemblés par des lisses d'appui; quatre autres poteaux couverts de deux chapeaux, pourront porter cette balance, n'étant pas nécessaire d'un assemblage plus composé. A 10 pouces de chaque côté de l'essieu, sont suspendues des verges de fer MN qui portent les pistons. L'homme appuyant tantôt sur un pied, tantôt sur l'autre, donnera le mouvement au balancier, aspirera l'eau dans les corps de pompe OP, & la refoulera dans le tuyau montant LH, à une hauteur proportionnée au diametre des pistons, & à l'action du moteur. Il seroit bon de mettre à chaque côté un rouleau porté sur deux ressorts de fer FG, pour aider à relever le balancier.

Maniere de faire agir deux petites pompes refoulantes, pour élever l'eau dans un réservoir.

979. Feu M. *Morel*, de qui je tiens cette machine ainsi que les autres compriſes sur la seconde & la troisieme planche de ce chapitre, ayant remarqué qu'en plusieurs endroits, au lieu d'employer trois ou quatre hommes, comme on fait ordinairement pour sonner les grosses cloches à toute volée, un seul les mettoit en branle, en faisant effort avec le pied sur l'extrêmité d'une planche attachée au mouton, a pensé qu'on pouvoit se servir du même moyen pour composer la machine représentée par la quatrieme figure, dont l'objet est de faire agir deux pompes Pour cela il suppose que A est un poids de 200 livres suspendu à un essieu, comme le seroit une cloche; que cet essieu est traversé d'une barre de fer propre à porter deux verges F, avec leurs pistons pour refouler & aspirer l'eau des corps de pompes D, C, dont on s'est contenté de marquer l'emplacement, sans se mettre en peine de la fourche & du tuyau montant. En effet, un homme pressant du pied le bout de la planche E, comme s'il évoloit une cloche, fera mouvoir les deux pistons; car quand il ne feroit qu'un effort de 60 livres, le levier ayant 4 pieds de longueur, & les tiges suspendues à un pied du centre de l'essieu, le poids pourra être quadruple de la puissance; par conséquent si l'on suppose les pistons de 2 pouces de diametre, ils pourront refouler une colonne d'eau de 154 pieds de hauteur.

Autre moyen fort simple d'élever l'eau par le moyen des pompes. PLAN. 2. FIG. 4.

980. La premiere & la seconde figure représentent la maniere de PLAN. 2.

FIG. 1. & 2.

faire agir des pompes aſpirantes & refoulantes, miſes en mouvement par un ou deux hommes, appliqués à la manivelle A, accompagnée d'une volée Q, à l'eſſieu de laquelle eſt un pignon B, qui s'engraine avec deux roues C, D, dont l'eſſieu eſt commun à deux autres petites roues E & F, qui ne ſont dentées que ſur la moitié de leurs circonférences, comme on en peut juger par la cinquieme figure, qui montre la ſituation de ces roues par rapport à leurs eſſieu. Ainſi quand on met la manivelle en mouvement, elle fait tourner le pignon B, par conſéquent les roues C, D, de même que les deux autres E, F, qui s'engrainent alternativement dans les coches des regles G & H, attachées aux tiges des piſtons, dont l'un refoule l'eau dans le tuyau montant O, tandis que l'autre l'aſpire pour la faire monter au-deſſus de la ſoupape inférieure, comme il eſt aiſé de ſe l'imaginer, en ſe rappellant ce qui a été expliqué dans les articles 872 & 877. Car on fera attention que les dents des deux petites roues étant ſituées dans un ſens oppoſé, la premiere E, fait monter la regle G juſqu'à la derniere coche, après quoi ne préſentant plus que la partie qui n'a point de dents, le poids I, dont cette regle eſt chargée, fait deſcendre le piſton, pour refouler l'eau à une hauteur proportionnée à la groſſeur du corps de pompe, & à l'action du poids I, qui doit être ſupérieur à celui de la colonne. D'autre part, tandis que la regle G monte, & que ſon piſton aſpire, les dents de l'autre roue F, accrochent la regle H, pour la faire deſcendre juſqu'à la derniere coche; alors ſon piſton N refoule, ce qui ſe fait par l'action de la puiſſance motrice; & auſſi-tôt que ce trou préſente la partie qui n'eſt point dentée, la regle H remonte, parce qu'elle eſt élevée par l'action du poids K, auquel elle répond par une corde qui paſſe ſur deux poulies. Ainſi il ſuffit que la peſanteur de ce poids ſoit un peu au-deſſus de celui de la colonne d'eau que le piſton aſpire, y compris la réſiſtance cauſée par le poids de la regle & du piſton. J'ajouterai que les regles G & H, doivent gliſſer dans des couliſſes L, pour qu'elles ſe maintiennent verticales.

Deſcription d'une machine pour élever l'eau à force de bras, à l'aide des pompes aſpirantes & refoulantes.

Quant aux dimenſions de cette machine, il faut donner un pied de coude à la manivelle A, 6 pieds au diametre de la volée Q, 4 pouces à celui du pignon B, 16 à celui des roues C, D, & 4 au rayon des roues E & F, pris depuis le centre juſqu'au milieu de la ſaillie des dents.

Maniere de faire le calcul de cette machine.

981. Comme entre la puiſſance & le poids, il y a quatre bras de leviers qui ſont le coude de la manivelle de 12 pouces, le rayon du pignon de 2, celui des roues C, D de 8, & celui des roues

E & F de 4 ; la puiſſance ſera au poids comme 2×4 eſt à 12×8, ou comme 1 eſt à 12 ; par conſequent un homme, avec une force de 25 ℔, pourra élever une colonne d'eau de 300 ℔ : il ne reſte donc plus qu'à ſuivre ce qui a été enſeigné dans l'art. 976, pour trouver le diamétre des piſtons, en faiſant attention que la hauteur de la colonne d'eau doit être exprimée par celle du reſervoir, au-deſſus du niveau de la ſource, comme ſi le tuyau d'aſpiration faiſoit partie de la hauteur du tuyau montant. (890)

Deſcription d'une Machine éxécutée à Sources en Alſace pour élever l'eau par le moïen d'une chûte. PLAN. 3. FIG. 1.

982. La premiere figure de la planche troiſiéme, repreſente le deſſein d'une machine exécutée à *Sources*, Village d'Alſace, ſur la route de Strasbourg à Landau : elle eſt poſée dans un grand puits quarré, dont l'eau eſt propre à faire du Sel ; pour la bien entendre, il faut être prévenu qu'il y a trois planchers ſitués à 10 ou 12 pieds les uns des autres ; l'aſſemblage de charpente A eſt poſé ſur le premier au bord du puits ; le treuil B ſur le ſecond, & le bac C ſur le troiſiéme : on n'a point repreſenté ces differens étages, parce qu'ils auroient embrouillé la figure.

Une chûte d'eau qui coule le long de l'auge R, fait tourner la roue D, dont l'eſſieu E eſt accompagné de quatre pattes X, Y, qui appuyent les unes après les autres ſur les leviers F, G, pour faire mouvoir le treuil B, auquel ces leviers répondent par des verges de fer attachées aux extrémités du balancier K ; & comme les bouts de l'autre balancier N, portent les tiges des piſtons des corps de Pompe I & H, l'on voit qu'ils agiſſent tous deux à chaque mouvement du treuil ; car ſelon la conſtruction de la machine, le levier F ne ſçauroit baiſſer, ſans que l'autre G ne hauſſe en même tems par le mouvement du balancier K.

La Pompe H qui eſt aſpirante, & ſemblable à celle que nous avons décrit dans l'article 971, éleve l'eau du puits dans le Bac C à une hauteur d'environ 24 pieds, enſuite la Pompe I, qui eſt aſpirante & refoulante, comme dans l'article 872, la reprend pour la faire monter par le tuyau L à 60 pieds plus haut ; d'où elle eſt conduite dans un réſervoir voiſin du lieu où ſe fait le ſel, qui ſe trouve environ à 84 pieds au-deſſus de la ſurface de l'eau du puits. Je ne donne point les dimenſions que l'on a ſuivi dans la conſtruction de cette machine, M. Morel qui l'a deſſinée ſur les lieux avec aſſez de précipitation, n'ayant pas eu le tems de les prendre ; mais voici celles qui me ſemblent pouvoir lui convenir.

Dimenſions qui peuvent convenir à cette Machine.

983. Je ſuppoſe que la roue a 5 pieds de rayon, que la longueur des pattes X, Y priſe depuis l'axe de l'arbre eſt de 20 pouces ; que la longueur VS du levier FV, depuis ſon point d'apui

juſqu'à l'endroit S, où l'extrémité de la patte X commence à appuyer, eſt de 70 pouces; que le point T où eſt ſuſpenduë la verge qui donne le mouvement au balancier K, eſt éloigné de 60 pouces du point d'appui V, & que les piſtons ont chacun 12 pouces de levée. Cela poſé, il faut que l'extrémité de la patte X, parcoure une certaine longueur déterminée SF du levier prolongé VF, pour que le point T qui a le même mouvement que les piſtons, puiſſe baiſſer de 12 pouces, & remonter d'autant, tandis que les pattes agiront alternativement ſur les leviers F & G; autrement ſi la patte n'échappe pas l'extrémité F dans l'inſtant de la plus baſſe deſcente du piſton, il arrivera que la Machine ceſſant d'agir, pourra faire un effort capable de caſſer quelque piece, parce que la roue D allant toujours ſon train, tendra à ſurmonter l'obſtacle qui voudroit l'empêcher de tourner. Si au contraire la partie SF eſt plus courte qu'il ne faut, la patte ne faiſant pas deſcendre le point T auſſi bas qu'on ſe l'étoit propoſé, l'on ne pourra pas dire que le piſton a 12 pouces de levée, ni calculer le produit de la machine ſur ce pied-là. Comme le cas dont il s'agit ſe rencontre ſouvent dans pluſieurs Moulins, je vais m'y arrêter un moment.

Conſiderez la Figure quatriéme dont le cercle *a* repréſente l'arbre de la roue, accompagnée de la patte *dc*, qui agit ſur le levier *eb*, dont le point d'appui eſt en *b*, ayant la tige *hk* du piſton ſuſpendu au point *h*, comme dans la figure précedente; ainſi en ſuivant les mêmes meſures, *ac* ſera de 20 pouces; *hb*, de 60; *cb*, de 70, & l'intervalle *ab* de 90.

PLAN. 3. FIG. 4. Lorſque la patte *dc* ſera ſur le point d'échaper le levier *eb*, les extrémités *c* & *e* ſeront réünies au point *g*, & le point *h* ſera parvenu en *i*, après avoir décrit l'arc *hi*; alors on aura le triangle *abg*, dont le côté *ab* ſera de 90 pouces, & le côté *ag* de 20; d'autre part, l'on a auſſi le triangle rectangle *inb*, dont l'hypotenuſe *ib* ſera de 60 pouces, & le côté *in* de 12, puiſqu'il marque la deſcente du piſton; on pourra donc dire comme *in* eſt à *ib*, ainſi le ſinus total eſt à la ſecante de l'angle *nib*, qui répond dans les tables à 78 dégrés 27 minutes, dont le complément eſt 11 dégrés 33 minutes, pour la valeur de l'angle *nbi*: or comme dans le triangle *agb*, l'on connoît deux côtés & un angle, il eſt aiſé de parvenir à la connoiſſance du côté *gb*, qu'on trouvera de 79 pouces 6 lignes pour la longueur entiere du levier *eb* ou FV de la premiere Figure, d'où retranchant la partie SV de 70, il reſtera 9 pouces 6 lignes pour l'autre FS que doit parcourir la patte X, afin que le piſton deſcende de 12 pouces.

984. Pour montrer de quelle maniere il faudroit calculer cette Machine, conſiderez que le rayon de la roue étant de 5 pieds ou de 60 pouces, & la longueur de la patte X de 20, la puiſſance que nous nommerons P, ſera à l'effort que fait cette patte au point S, comme 1 eſt à 3. Ainſi la puiſſance réduite au point S, pourra être exprimée par $3p$, lorſque le levier FV & la patte X ſe trouvent dans un même alignement : or comme ce levier eſt de la ſeconde eſpece, (59) la puiſſance qui agira au point S, ſera à l'effort qu'elle produira au point E, pour pouſſer la verge de haut en bas, comme VT (60) eſt à VS (70) ; ou comme 6 eſt à 7, l'effort au point T pourra donc être exprimé par $\frac{7}{2}p$. *Maniere de faire le calcul de la même Machine.*

Pour connoître le diamétre des piſtons des deux Pompes, conſiderez que puiſque celui de la Pompe H aſpire, tandis que celui de la Pompe I refoule, ils ſoutiendront enſemble le poids d'une colonne d'eau de 84 pieds, ou de 1008 pouces de hauteur. Pour avoir la baſe de cette colonne en pouce quarré, il faut commencer par réduire $\frac{7}{2}p$ en pouces cubes, en diſant : comme 70 ℔ eſt à 1728 pouces, ainſi $\frac{7}{2}p$, eſt à un quatriéme terme, qui donne $\frac{4\,3\,2}{5}p$, qu'il faut diviſer par 1008 pouces ; il vient après la réduction $\frac{3}{5\,5}p$, pour la ſuperficie du cercle des piſtons, qu'il faut multiplier par $\frac{14}{11}$, pour avoir le quarré du diamétre, qui étant réduit donne $\frac{6}{5\cdot5}p$, dont la racine fera le diamétre que l'on cherche.

Suppoſant que la force reſpective de la chûte de l'eau, ſur chaque aube de la roue dans le cas du plus grand effet, ſoit de 110 ℔, ſubſtituant ce nombre à la place de p, il viendra 12 pouces quarrés, dont la racine donne 3 pouces 5 lignes 6 points pour le diamétre des piſtons.

On remarquera, que quoique chaque patte X & Y ſoient capables d'une force exprimée par $3p$, il n'y aura que celles qui agiront ſur le levier FV qui l'exerceront toute entiere, parce qu'il n'y a que ce levier qui aſpire & refoule l'eau ; car pour les autres pattes Y elles n'exercent qu'une très-petite partie de leur force ; ce levier G n'agiſſant point uniformement, la roue à chaque révolution doit tourner plus vîte dans un tems que dans l'autre : un ſecond défaut de cette Machine vient de la patte X, qui ne preſſe pas non plus également la partie SF du levier, parce que la direction, ſelon laquelle elle agit, change à chaque point du chemin quelle parcourt, de même que la longueur du levier VS qui va toujours en croiſſant ; pour rectifier cette partie, il faudroit que la patte X, au lieu d'être droite, eut la figure d'une *Epicicloïde*, comme M. de la Hire l'a enſeigné dans le Traité qu'il a fait ſur ce ſujet.

Machine proposée par M. Morel, pour produire le même effet que la précedente.

985. Pour produire le même effet que dans la Machine précedente, mais d'une maniere beaucoup plus simple, M. Morel suppose qu'on a eu une chûte d'eau pour faire tourner la roue A ; que son essieu est accompagné de deux demies roues dentées B, C, posées du même côté, environ à trois pieds de distance l'une de l'autre, pour mouvoir des Pompes. Pour cela il se sert de deux regles, aux extrémités desquelles sont attachées les tiges des pistons. Ces regles qu'on suppose glisser dans des coulisses D, E, pour les maintenir à plomb, sont dentées sur la hauteur de 12 pouces, du sens qu'on le voit representé : l'une de ces regles est chargée du poids F, pour faire descendre le piston de la Pompe aspirante H ; au bout de l'autre est attachée une corde qui passe sur deux poulies, & va répondre au poids G, servant à enlever le piston de la Pompe refoulante I ; chacune de ces regles est accompagnée d'une cheville, pour limiter son mouvement par la rencontre des coulisses DE.

PLAN. 3. FIG. 2.

Lorsque la roue A tourne, l'on voit que la demi roue B doit faire monter la regle D, en l'engrenant jusqu'à la derniere coche, & qu'aussi-tôt qu'elle l'échappe, le poids F doit faire descendre le piston. D'autre part, le poids G tenant la regle E élevée à une hauteur convenable ; lorsque la demi roue *c* viendra rencontrer les dents de cette regle, elle l'obligera à descendre pour refouler l'eau de la Pompe I dans le tuyau montant K ; ensuite le poids G relevera la regle tout de nouveau, ainsi les pistons aspireront & refouleront alternativement, de la même maniere qu'on l'a expliqué dans l'article 982.

Comme la roue B n'exercera qu'une force médiocre pour aspirer l'eau à 24 pieds de hauteur, & surmonter la résistance du poids F, joint à celui du piston, & qu'au contraire il faudra que la demie roue C, agisse avec une force beaucoup plus grande sur la regle E, pour vaincre en même tems la résistance du poids G, & celui de la colonne d'eau que le piston doit refouler à une hauteur de 60 pieds ; il arrivera encore que la roue A tournera inégalement. Au reste, n'ayant pas prétendu donner pour modele les Machines précedentes, je laisse à la discretion de ceux qui voudront en faire construire, d'en tirer ce qu'ils y rencontreront de bon, sans me mettre en peine du sentiment qu'ils en auront ; il suffit qu'elles m'ayent donné lieu à insinuer de quelle maniere l'on doit faire l'analyse des Machines exécutées, pour se mettre en état de les rectifier

PLAN. 4.

Description d'une Ma-

986. La planche quatriéme comprend les dévelopemens d'une fort belle Machine exécutée à *Nymphenbourg* par M. le Comte de

Wahl, Directeur des Bâtimens de l'Electeur de Baviere ; son objet eſt d'élever l'eau à 60 pieds dans un réſervoir, pour la faire jaillir dans le jardin Electoral.

chine pour élever l'eau par le moïen des Pompes refoulantes, exécutée à Nymphenbourg, en Baviere.

L'eau du Canal fait tourner une roue dont l'arbre eſt accompagné de deux manivelles A, qui aboutiſſent à des *tirans* de fer B, répondant à des bras de levier D, qui font mouvoir deux treuils C, à chacun deſquels ſont attachés ſix balanciers E, que l'on diſtingue particulierement dans la troiſiéme figure, portant les tiges F des piſtons de 12 corps de Pompes G, partagés en quatre équipages. FIG. 1. 2. & 3.

Chacun de ces équipages eſt renfermé dans une baſche IK, au fond de laquelle ſont aſſis les corps de Pompes, arrêtés avec des vis ſur deux madriers H percés de trous, pour que l'eau du Canal, qui vient ſe rendre dans les baſches par des tuyaux de conduite R, puiſſe s'introduire dans les corps de Pompe. FIG. 1. 2. 5. & 6.

Les trois branches L de chaque équipage, ſe réuniſſent aux fourches O, qui aboutiſſent aux tuyaux montans P, qui conduiſent l'eau au reſervoir ; & pour que les Pompes qui répondent à chacun de ces tuyaux ſoient ſolidement établies, on les a liées enſemble par des entretoiſes N, aux extrémités deſquelles il y a des bandes de fer qui embraſſent les Pompes, comme on en peut juger par la quatriéme figure, qui repréſente une de ces Pompes avec ſa branche, exprimée plus ſenſiblement que dans les autres. FIG. 4.

L'eau du Canal Q, qui aboutit à la chûte, a 2 pieds de profondeur, & 2 de viteſſe par ſeconde ; & comme elle coule enſuite dans le courſier le long d'un plan incliné TX, dont la hauteur TV eſt de 10 pieds, l'on voit que pour eſtimer la force abſolue du courant ſur les aubes, il faut ſelon l'article 574 chercher une moyenne proportionnelle entre SV & ST, c'eſt-à-dire, entre 2 & 12, qu'on trouvera d'environ 4 pieds 10 pouces 8 lignes, qui répond dans la premiere Table à une viteſſe de 17 pieds 1 pouce 6 lignes ; ainſi la puiſſance abſolue pourra être regardée comme équivalente au poids d'une colonne d'eau, qui auroit pour baſe la ſuperficie d'une des aubes, & pour hauteur 4 pieds 10 pouces 8 lignes. (578) FIG. 6.

Le diamétre de la roue eſt de 24 pieds, ſes aubes ont 5 pieds de longueur ſur un de hauteur, par conſequent la puiſſance abſolue eſt équivalente à un poids de 1715 ℔.

Les manivelles ont un pied de coude, & ſont diſpoſées de façon, que quand l'une eſt horiſontale, l'autre eſt verticale, afin qu'il n'y ait jamais que les piſtons d'un des quatre équipages qui refoulent en même tems ſur une levée de 2 pieds, par l'action d'une puiſſan-

ce, qui n'eſt que la douziéme partie du poids des trois colonnes d'eau que ces piſtons ſoutiennent, le coude de la manivelle n'étant que la douziéme partie du rayon de la roue.

Les Pompes de cette Machine ſont très-défectueuſes.

987. Le diamétre des corps de Pompe eſt de 10 pieds, & celui de leur branche de 3; ainſi le cercle de ce dernier ne ſera exprimé que par 9, tandis que celui des piſtons le ſera par 100, défaut commun à toutes les Pompes refoulantes, & plus conſiderable ici qu'ailleurs, vû les differens coudes que l'on a fait faire à ces branches, qui ſont cauſe que l'eau ne peut monter, ſans rencontrer pluſieurs obſtacles qui s'oppoſent à ſon paſſage, & qui occaſionnent à la puiſſance plus de force qu'elle n'en employeroit ſi les Pompes étoient bien faites; & comme ce ſurcroît de force ne peut avoir lieu, ſans que la viteſſe reſpective du courant n'augmente, & que celle de la roue ne diminue à proportion; le produit de la machine doit être beaucoup au-deſſous de ce qu'il devroit être naturellement; à cela près, il faut convenir que cette Machine eſt fort ſimple & bien entenduë, méritant d'être imitée en tout ou en partie, lorſqu'on voudra élever l'eau au-deſſus du rez-de-chauſſée. (971)

Deſcription & Analyſe d'une Machine exécutée au Val Saint-Pierre.

Voici une nouvelle Machine pour faire agir des Pompes refoulantes, exécutée au Val-Saint-Pierre, Chartreuſe en Tierache, à deux lieues de Vervins, ſituée ſur une hauteur, eu égard à une partie de la campagne des environs. Depuis ſa fondation, qui eſt fort ancienne, l'on n'avoit d'autres moyens d'avoir de l'eau, qu'en la tirant d'un puits d'une extrême profondeur, lorſqu'en 1720 le Livre du Chevalier Morland étant tombé entre les mains de Dom Fougéres, alors Prieur de cette Maiſon, il ſaiſit la penſée de cet Auteur, au ſujet des *Ellipſes* qu'il propoſe en la place des manivelles, pour faire agir des Pompes, & les appliqua à une Machine muë par un cheval, pour élever l'eau d'une ſource à cent cinquante pieds de hauteur dans un réſervoir, d'où elle eſt enſuite diſtribuée par toute la maiſon.

PLAN. 5. & 6.

L'eſpace EFGH (fig. 1.) repréſente le plan du couvert où cette Machine eſt renfermée; au milieu eſt un arbre tournant I, poſé verticalement, ſervant d'axe à un roüet, comme on en peut juger par la deuxiéme & troiſiéme figure, qu'il ne faut point perdre de vûë. Ce roüet s'engraine avec une lanterne M, dont l'eſſieu KL enfile trois Ellipſes N égales & ſemblables, faites de madrier, dans

la circonférence desquelles on a pratiqué un canal comme aux poulies : ces Ellipses sont situées de façon, que si elles étoient appliquées l'une sur l'autre, les extrémités de leur grand axe formeroient les six points angulaires d'un exagone régulier A,B,C,D,E,F. FIG. 11.

A l'endroit marqué O, est un poteau, au sommet duquel on a pratiqué trois fentes (fig. 6.) pour y passer autant de balanciers PS, traversés d'un boulon qui leur sert d'essieu commun ; & pour qu'ils soient toujours maintenus dans la même direction, on les a dirigés par des chassis TV (fig. 2. & 5.) attachés à une poutre.

L'une des extrémités de chaque balancier est embrassée par deux jumelles SQ, qui laissent entr'elles un vuide pour loger des roulettes R, qui tournent dans le canal des Ellipses : (fig. 2 & 3.) à l'autre extrémité X, on a suspendu les tiges XY des pistons de trois corps de Pompe, placés dans une petite cave, qui renferme la source, (fig. 4 & 5.) où ils sont embrassés par des fourches de fer 7, 8, liées aux pieds droits de la voûte. Quant aux branches 9 de ces corps de Pompe, elles aboutissent à l'endroit 26 au tuyau montant qui traverse un des pieds droits de la cave, & de-là va le long d'une rampe de 200 toises gagner le réservoir.

988. Pour entendre le jeu de cette Machine, l'on voit qu'ayant attelé le cheval au Palonier 4 (fig. 1.) & attaché son licol à la barre 5, 6, qui lui sert de guide ; que venant à marcher, il fait tourner le roüet & la lanterne M, par consequent les Ellipses qui donnent le mouvement aux balanciers, par la difference des axes ; car lorsque le grand est vertical, le centre des roulettes est monté d'une hauteur égale à *la moitié de la difference du grand axe au petit*, au lieu qu'il est descendu de la même hauteur quand cet axe devient horisontal : l'on voit que chaque roulette parcourt la demi-circonference d'une Ellipse, en montant & en descendant, & que pendant sa révolution entiere, le piston de son balancier aspire & refoule l'eau deux fois, les roulettes n'abandonnant jamais le canal où elles cheminent, parce que la partie OQ des Balanciers l'emporte par sa longueur, & son poids sur la résistance qui répond à l'autre partie PO. *Explication du jeu de cette Machine.*

L'on peut donc regarder chaque Ellipse comme la réunion de quatre plans inclinés & curvilignes, tournant autour d'un point fixe, & concevoir qu'à chaque révolution de l'essieu KL, un premier plan contraint le poids de monter du pied au sommet, qu'ensuite en succede un second, le long duquel le poids descend par la seule action de sa pesanteur ; puis un troisiéme qui le fait monter comme en premier lieu ; & puis un quatriéme, le long duquel il descend.

Les Ellipſes ſont preferables aux manivelles.

989. Les trois Ellipſes ne ſe trouvant jamais dans la même ſituation, il arrive que tandis qu'une des roulettes monte, il y en a deux qui deſcendent, que peu après il n'y en a plus qu'une qui deſcend & deux qui montent ; d'où il ſuit que les piſtons aſpirent & refoulent l'eau, ſelon les variations qui ſe rencontrent dans la manivelle triple ; (115) toute la difference, c'eſt qu'ici les piſtons aſpirent & refoulent l'eau ſix fois à chaque révolution de l'axe KL, au lieu que dans un tour de la manivelle ils n'aſpirent & refoulent que trois fois ; ce qui montre que les Ellipſes ont la proprieté de doubler la viteſſe des piſtons, toutes choſes d'ailleurs égales, ce que la manivelle triple ne pourroit produire ſans un double engrainement. Un avantage encore des Ellipſes, c'eſt de rendre l'action de la puiſſance beaucoup plus uniforme, parce que les angles que forment ici les axes ne ſont que de 60 dégrés ; c'eſt-à-dire, moitié de ceux qui naiſſent des coudes de la manivelle triple.

Ne connoiſſant point de Machine plus ſimple & plus commode que celle-ci pour élever à peu de frais une grande quantité d'eau à une hauteur conſidérable, ſoit pour les beſoins de la vie, ſoit pour la faire jaillir dans un jardin de plaiſance, je vais m'attacher à en donner les dimenſions telles qu'elles conviennent le mieux, ſans me mettre en peine de celles qui ont été ſuivies dans l'exécution.

Dimenſions du roüet & de ſes parties.

990. Le roüet a 6 pieds de rayon, depuis le centre juſqu'à la circonference ſur laquelle ſont placées les dents. Les fentes qui doivent être à double membrures, poſées l'une ſur l'autre, ont 9 pouces d'épaiſſeur & autant de largeur. Les dents qui ſont au nombre de 101, ont 16 pouces de longueur, 4 de ſaillie, & 12 de racine, 3 pouces 6 lignes de largeur, $1\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur au ſommet, & $2\frac{1}{2}$ par le bas à cauſe du talon ; la racine à $2\frac{1}{4}$ pouces d'épaiſſeur en quarré par le haut réduit à $1\frac{1}{2}$ pouce par le bas. Quant à l'arbre tournant, ſon diamétre eſt de 18 pouces.

991. Pour que le cheval en tournant puiſſe paſſer commodément ſous l'arbre LK de la lanterne, il faut que le ſommet des dents du roüet, ſoit élevé de 5 pieds & demi au-deſſus du rez-de-chauſſée. Le limont 2, 3, doit avoir 14 pieds de longueur, depuis le centre du roüet, juſqu'à l'endroit où eſt attaché le palonnier ; & pour que le cheval puiſſe ſe mouvoir commodément, il faut que les trois côtez EF, FG, EH ſoient éloignés de 18 pieds du centre du roüet, au lieu que dans la figure cet intervalle n'eſt que de 15 pieds, faute que l'on a faite en conſtruiſant le bâtiment.

FIG. 5. & 6.

Dimenſions

992. Les fuſeaux de la lanterne ſont au nombre de 20, leur diamétre

metre eſt de 2 pouces 6 lignes, la circonférence qui répond à leur axe a 34 pouces de diametre, & celui des tourteaux, 44; ils ſont faits de madriers de 5 pouces d'épaiſſeur, & l'arbre qui ſert d'eſſieu à la lanterne & aux ellipſes doit avoir 16 pouces de diametre. *des parties de la lanterne.*

993. Les ellipſes ſont éloignées de 6 pouces l'une de l'autre, & compoſées de madriers de 7 pouces d'épaiſſeur, leur canal eſt de 4 pouces de largeur, ſur 1 $\frac{1}{2}$ de profondeur; ainſi elles ont deux rebords dont la ſaillie ne fait point partie de la longueur des axes, qui doivent être meſurés du fond du canal, dans lequel il regne une bande ou frette de fer ſervant à lier les madriers. Le grand axe de ces ellipſes doit être de 5 pieds, & le petit de 3; ainſi la moitié de la différence de ces deux axes eſt de 12 pouces, qui eſt le chemin que les roulettes font en montant & en deſcendant (988). *Dimenſions des ellipſes.*

994. La longueur des balanciers, priſe depuis le centre des roulettes juſqu'au point de ſuſpenſion des piſtons, doit être de 25 pieds, ſur 5 & 9 pouces d'équarriſſage poſés de champ; leur centre de mouvement doit être élevé de 9 pieds 6 pouces au-deſſus du rez-de-chauſſée, afin que chaque balancier ſe trouve dans une ſituation horiſontale, lorſque ſa roulette répond aux extrêmités du grand axe de l'ellipſe. *Dimenſions des balanciers.*

Les roulettes, qui ſont de bois, doivent avoir un pied de diametre ſur 3 pouces d'épaiſſeur, elles ſont fortifiées par un cercle de cuivre.

995. Le centre de mouvement des balanciers doit être éloigné de 15 pieds de celui des roulettes, afin que la partie qui répond aux piſtons ſe trouvant les deux tiers de l'autre, les levées des piſtons ſoient de 8 pouces, c'eſt-à-dire, les deux tiers du chemin des roulettes. *Les bras du balancier doivent être dans la raiſon réciproque du chemin des roulettes & de la levée des piſtons.*

996. Les corps de pompes ont intérieurement 2 $\frac{1}{2}$ pouces de diametre ſur 12 de hauteur. (fig. 7 & 8.) Leur figure exterieure eſt compoſée de quatre faces, chacune de 3 pouces 2 lignes de largeur: ils ſont unis par le bas à un culot 18 percé de trous, afin que l'eau qu'aſpirent les piſtons, n'entraîne point d'ordures; entre ce culot & le corps de pompe, ſe trouve priſe la languette d'une ſoupape à coquille développée par les figures 11, 12, 13, 14 & 15, auſquelles je ne m'arrête point, ayant été ſuffiſamment expliquée dans l'art. 961. On fera ſeulement attention que les nombres qui accompagnent ces figures, ne ſervent qu'à faire voir la correſpondance des parties ſemblables. *Détail des corps de pompe tels qu'ils ſont exécutés au Val-Saint-Pierre.*

997. Dans l'une des faces du corps de pompe, on voit (fig. 8.) l'orifice 19 qui répond à la branche repréſentée dans la figure 7, obſervant que chacune de ces branches, qui n'ont guere intérieure-

ment qu'un pouce de diametre, comprend une ſoupape dans la partie 20, 21, ſemblable à la précédente, placée entre les brides 21 & 22 pour retenir l'eau du tuyau montant, dans le tems que le piſton aſpire.

Les piſtons, (fig. 9 & 10) ſont des cylindres de fonte, ayant une queue 27 de même métal, attachée à une double fourche 29, qui embraſſe auſſi la tige 28, qui n'eſt autre choſe qu'un bout de ſolive de 4 pouces d'équarriſſage, & d'une hauteur proportionnée à la ſituation de la ſource. Le corps de ces piſtons eſt compoſé de deux parties, l'une (30, 31) a 8 pouces de hauteur ſur 2 pouces 5 lignes de diametre, & l'autre (32, 33), 4 pouces de hauteur ſur 15 lignes de diametre. A ſon extrêmité eſt une vis 36 qui s'ajuſte dans un écrou (34, 35) ſervant à retenir & à reſſerrer un nombre de rondelles de cuir (27, 28), comme dans l'article 957.

998. Quand à l'action du piſton, on ſent bien que lorſqu'il aſpire, le poids de l'atmoſphere, qui agit ici en plein, force l'eau d'entrer dans les corps de pompe, en ouvrant la ſoupape qui eſt dans le fond, & qu'au moment qu'il refoule, cette ſoupape ſe refermant, l'eau paſſe dans la branche, leve la ſeconde ſoupape, & monte dans le tuyau de conduite.

Ces pompes ne ſont point à imiter, ayant le défaut commun à toutes celles de cette eſpece.

999. Les branches des corps de pompe n'ayant guere qu'un pouce de diametre, tandis que celui des piſtons eſt de 2 $\frac{1}{2}$ (996, 997), on voit que l'eau eſt contrainte de paſſer dans un tuyau dont la groſſeur n'eſt que la ſixieme partie de celle du piſton, & que les ſoupapes qui répondent au tuyau montant, étant à coquille, le cheval qui fait agir la machine, employe une partie de ſa force à ſurmonter les obſtacles que l'eau rencontre en ſon chemin, qui eſt le même cas que dans l'art. 987, auquel je ne m'arrête point préſentement, parce qu'on trouvera dans le chapitre cinquieme la maniere de l'éviter.

Maniere de calculer le produit de cette machine.

1000. Pour calculer le produit de cette machine, on ſaura que le cheval qui la meut, fait deux tours par minute, par conſéquent 120 par heure, & qu'à chaque tour, il parcourt 14 toiſes 4 pieds; ainſi ſa vîteſſe eſt de 1760 toiſes par heure, ce qui approche fort de celle qu'on a coutume de lui attribuer.

Le rouet ayant 101 dents (990) & la lanterne 20 fuſeaux (992), elle fera 5 $\frac{1}{101}$ tours contre le rouet un; comme ce dernier en fait 120 par heure, il ſuit que la lanterne en fera 606 dans le même tems; & comme chaque piſton refoule deux fois à chaque tour que fait la lanterne, (988) les trois feront donc enſemble 3636 relevées en une heure.

Les piſtons ayant 2 $\frac{1}{2}$ pouces de diametre, & 8 pouces de levée, (995) chacun en refoulant une fois, fera paſſer dans le tuyau de conduite une colonne d'eau de 39 $\frac{1}{7}$ pouces cubes, qui étant multipliés par 3636, donnent 142843 pouces cubes, ou un peu plus de 10 muids, pour la quantité d'eau que la machine fournit par heure, à une hauteur de 150 pieds; ſur quoi l'on remarquera que le même cheval travaille ordinairement quatre heures le matin & autant l'après midi. Ayant fait mettre à ſec le réſervoir, & fait agir la machine pendant quatre heures, j'ai meſuré l'eau qui s'y étoit rendue, pour voir ſi le produit étoit conforme à mon calcul, j'ai trouvé qu'il s'y étoit rendu, 324 pieds cubes d'eau, ou 40 muids & demi.

La ſuperficie du cercle des piſtons doit être proportionnée à la hauteur où on veut élever l'eau.

1001. Lorſqu'on voudra conſtruire cette machine pour élever l'eau au-deſſus ou au-deſſous de 150 pieds, il faudra diminuer le cercle des piſtons, à proportion qu'on voudra élever l'eau à une plus grande hauteur; autrement ſi on leur donnoit le même diametre qu'au Val-Saint-Pierre, il pourroit arriver que la force d'un cheval ne ſuffiroit pas pour faire agir la machine. Si au contraire on veut élever l'eau à une hauteur moindre, il faudra augmenter le cercle des piſtons à proportion, autrement le cheval ayant toujours à-peu-près une vîteſſe de 1800 toiſes par heure, ne fera pas monter une quantité d'eau proportionnée à ſa force moyenne. Pour déterminer la groſſeur des corps de pompes dans l'un ou l'autre de ces cas, relativement à l'effet actuel de cette machine, voici une regle générale que je donne, principalement pour la ſatisfaction de ceux qui n'ont qu'une médiocre connoiſſance des Mathématiques.

Le diametre des piſtons étant de 2 pouces 6 lignes (996), ſon quarré ſera de 6 pouces & un quart, qui étant multipliés par 150 pieds, donnent 937 $\frac{1}{2}$, qu'on peut prendre pour le poids de la colonne d'eau que chaque piſton refoule; mais comme le diametre des mêmes piſtons pourroit être un peu plus grand, ſi les pompes de cette machine n'avoient point les défauts que nous y avons remarqués, (999) le produit précedent ſeroit auſſi plus grand; c'eſt pourquoi en les ſuppoſant parfaites, on pourra prendre 1000 pour l'expreſſion de la colonne d'eau, au lieu de 937 $\frac{1}{2}$, encore ſera-t'elle au-deſſous de ce qu'elle pourroit être.

Regles pour déterminer le diametre des piſtons de cette machine, relativement à la

1002. Lorſqu'on voudra conſtruire la machine du Val-Saint-Pierre, en ſuivant exactement les dimenſions que nous avons données au rouet, à la lanterne, aux ellipſes & aux balanciers; il faudra, pour trouver le diametre des trois corps de pompe, diviſer le nombre 1000 par la quantité de pieds qui exprime la hau-

Hauteur où l'on veut élever l'eau.

teur où l'on veut élever l'eau, & extraire la racine quarrée du quotient, elle donnera le diametre que l'on cherche. Par exemple, ſi l'on vouloit élever l'eau à 60 pieds, il faudroit diviſer 1000 par 60, le quotient donnera 16 $\frac{2}{3}$ pour le quarré du diametre, dont la racine eſt 4 pouces 1 ligne.

Maniere de calculer le produit de cette machine, relativement à la groſſeur des corps de pompe.

1003. Pour ſavoir la quantité d'eau que les nouvelles pompes fourniroient par heure, en ſuppoſant toujours leurs piſtons de 8 pouces de levée, on dira : ſi 6 $\frac{1}{4}$, quarré du diametre des piſtons du Val-Saint-Pierre, donnent 10 muids d'eau pour le produit de la machine par heure, combien donnera 16 $\frac{2}{3}$, quarré du diametre des nouveaux piſtons pour leur produit ? Il viendra 26 $\frac{2}{3}$ muids.

S'il arrivoit que le terrein ne permît pas de placer les corps de pompe dans l'eau comme au Val-Saint-Pierre, on pourra les ſituer au-deſſus à la hauteur qu'on jugera la plus convenable, en y faiſant des tuyaux d'aſpiration, pour pouvoir élever l'eau d'un ruiſſeau ou d'une riviere ; alors on obſervera de diviſer le nombre 1000, non par la hauteur du réſervoir, au-deſſus de l'endroit où ſeront placées les pompes, mais bien par la hauteur qui marquera l'élevation de ce réſervoir au-deſſus du niveau des plus baſſes eaux.

Lorſque les piſtons refoulent de bas en haut, il faut que les roulettes ſoient poſées au-deſſous des ellipſes.

1004. Si l'on avoit quelque raiſon pour faire des pompes dont les piſtons refoulent de bas en haut plutôt que de haut en bas, on pourroit encore ſe ſervir des ellipſes pour donner le mouvement aux balanciers, en faiſant enſorte qu'elles prennent les roulettes en deſſus, au lieu de les prendre en deſſous. En ce cas il faudra que le cheval tourne d'un ſens oppoſé à celui où nous l'avons conſideré, & que le rouet, l'eſſieu de la lanterne, & les balanciers ſoient placés à une hauteur convenable, pour qu'il ne rencontre point d'obſtacles en ſon chemin ; c'eſt à quoi il convient de penſer ſérieuſement avant que d'aſſembler les pieces de la machine.

De toutes les machines qui ſont venues à ma connoiſſance, je n'en ai point rencontré de plus difficile à calculer que celle que je viens de décrire, parce qu'on ne peut parvenir à déterminer le rapport de la puiſſance au poids, qu'avec le ſecours d'une théorie fort ſubtile ; & comme elle ne pourroit être entendue que de peu de perſonnes, je me contenterai d'en déduire quelques regles de pratique, dont on trouvera l'origine dans les recherches que j'ai faites au ſujet des ellipſes qui tournent ſur leur centre, pour élever un poids, que je donnerai dans un diſcours ſéparé, m'ayant paru digne de la curioſité des Sçavans.

Le bras de levier qui répond à l'action

1005. Pour peu qu'on y faſſe attention, on verra que lorſqu'une ellipſe en tournant ſur ſon centre, éleve un poids, le bras

de levier qui répond à ce poids, varie ſans ceſſe, c'eſt-à-dire, qu'il paſſe du plus petit au plus grand, & enſuite du plus grand au plus petit (1018). Or il faut être prévenu *que le plus grand ſe trouve égal à la différence des deux demi-axes de l'ellipſe*, (1024) & que c'eſt celui qui doit entrer dans le calcul de la machine, lorſqu'elle eſt mûe par un animal, dont la force étant ſenſée limitée, ne doit point être inférieure à la plus grande réſiſtance que le poids peut oppoſer; au lieu que quand elle eſt mûe par un courant, on peut prendre un bras de levier moyen, ſelon ce qui a été dit au ſujet de la manivelle ſimple (109); par conſéquent le bras de levier, qui doit ſuivre immédiatement le rayon de la lanterne, eſt ici de 12 pouces (993).

des ellipſes variant ſans ceſſe, il faut faire le calcul ſur le plus grand, qui ſe trouve égal à la différence des deux demi-axes.

1006. Comme l'ellipſe en tournant pouſſe la roulette ſelon une direction oblique, qui eſt cauſe que l'action du poids eſt compoſée de celle de ſa peſanteur propre, & de la réſiſtance horiſontale, qui naît de la part de l'eſſieu des balanciers, (1018) on ſaura que *la peſanteur abſolue du poids que l'ellipſe doit ſurmonter, eſt à ſa plus grande réſiſtance, comme le produit de ces deux axes eſt à la différence des quarrés des mêmes axes*, c'eſt-à-dire (993) comme 5×3 eſt à 5×5—3×3, ou comme 15 eſt à 16 (1026).

Il y a un inſtant où les ellipſes éprouvent en tournant une réſiſtance plus grande que celle qui naît de la peſanteur abſolue du poids.

1007. Pour bien entendre ce que je cherche à inſinuer, il faut s'imaginer que la réſiſtance qu'oppoſe la roulette d'un balancier, tient lieu d'un poids poſé ſur un plan incliné, retenu par une direction parallele à ſa baſe; alors (ſelon l'art. 83), *la puiſſance qui voudroit élever le poids en pouſſant le plan, ſera à ce poids comme la hauteur du plan eſt à ſa baſe.* Or ſi la hauteur du plan étoit exprimée par 16, & ſa baſe par 15, la puiſſance le ſeroit par les $\frac{16}{15}$ du poids; voilà le cas où l'on peut conſidérer l'ellipſe, quand elle agit par ſon plus grand bras de levier, (1005) lorſque le poids lui réſiſte le plus. Ainſi nommant x, la réſiſtance qu'oppoſeroit chaque piſton, ſi la roulette de ſon balancier étoit pouſſée de bas en haut, ſelon une direction verticale, on aura $\frac{16}{15}x$, pour celle que l'ellipſe doit ſurmonter, lorſqu'elle agira par un bras de levier de 12 pouces.

L'action des ellipſes eſt dans le même cas qu'un plan incliné qu'on introduit ſous un corps pour l'élever.

1008. Si l'on avoit trois ellipſes, dont les grands axes fuſſent paralleles, qu'ils fiſſent agir en même tems trois piſtons de même diametre, la réſiſtance que la puiſſance motrice éprouveroit, à l'inſtant où les ellipſes agiroient par leurs plus grands bras de levier, ſeroit triple de celle qui répond à une ſeule. Mais comme les trois ellipſes de notre machine ſont diſpoſées de façon que tandis que la premiere agit par ſon plus grand bras de levier, celui de la ſeconde, lequel répond au piſton qui refoule en même tems, n'eſt

Eſtimation de la plus grande réſiſtance, que peuvent oppoſer les piſtons de cette machine.

que la moitié du plus grand. On voit que cette puiſſance ne ſoutient alors que *la moitié de la réſiſtance des trois piſtons précédens* ; par conſéquent on aura $\frac{3}{2} \times \frac{16}{15} x$, ou $\frac{8}{5} x$ pour l'expreſſion du poids que la machine doit mouvoir.

On peut, dans le calcul des machines, dont le mouvement ſe communique par de grands bras de levier, négliger l'eſtimation du frottement des pivots & des tourillons.

1009. Avant que de commencer le calcul de la machine, je ferai obſerver que les frottemens du pivot du rouet, des tourillons de la lanterne, & de l'eſſieu des balanciers, étant peu de choſe, nous les regarderons comme nuls, pour rendre les opérations plus ſimples ; ainſi nous n'aurons égard qu'à celui qui naît de la rencontre des dents du rouet & des fuſeaux de la lanterne. C'eſt pourquoi nous multiplierons 180 livres, force moyenne d'un cheval (124), par $\frac{18}{19}$, ſelon l'article 291, dont le produit donne 170 livres pour la puiſſance réduite.

Calcul de la machine du Val-Saint-Pierre, pour connoître le poids de la colonne d'eau que chaque piſton refoulera.

1010. Comme entre la puiſſance & le poids il y a ſix bras de leviers qui ſont, le limon de 14 pieds (991), ou de 168 pouces ; le rayon du rouet de 6 pieds, (990) ou de 72 pouces ; le rayon de la lanterne de 17 pouces ; (992) le plus grand bras de levier de l'ellipſe de 12 pouces ; (1005) celui qui vient de la partie du balancier répondant à la roulette, que nous exprimerons par le nombre 3, & le dernier qui répond au piſton, qui pourra être exprimé par 2, puiſqu'il n'eſt que les deux tiers du précédent : (995) multipliant de ſuite ceux qui répondent au poids & ceux qui répondent à la puiſſance, ſelon l'article 74, on aura dans l'état d'équilibre, 170 livres, $\frac{8}{5} x :: 72 \times 12 \times 2$, $168 \times 17 \times 3$, d'où l'on tire $2765 \times x = 1456560$, ou $x = \frac{1456560}{2765} = 526$ livres, dont le réſultat montre que chaque piſton pourra refouler une colonne d'eau du poids de 526 livres.

Maniere de connoître le diametre des piſtons, en ſuppoſant les pompes parfaites.

1011. Pour connoître le diametre des piſtons, il faut réduire en pouces la colonne précédente, en diſant : Si 70 livres, peſanteur d'un pied cube d'eau, donnent 1728 pouces, combien donneront 526 livres ? On trouvera 12984 pouces cubes, pour la maſſe de cette colonne, qu'il faut diviſer par la hauteur de la même colonne ; que nous avons dit être de 150 pieds ; ou de 1800 pouces. Il viendra environ $7\frac{1}{2}$ pouces quarrés pour la ſuperficie du cercle du piſton, dont on aura le diametre, en extrayant la racine quarrée de $\frac{14}{11} \times 7\frac{1}{2} = 9\frac{6}{11}$, qu'on trouvera de 3 pouces & environ une ligne. On voit par là que la machine du Val-Saint-Pierre ne remplit point tout l'effet qu'on pourroit en attendre, par la mauvaiſe conſtruction des pompes, qui eſt cauſe, comme je l'ai déja remarqué (999) que la force du cheval n'eſt point totalement employée à ſurmonter le poids de l'eau.

1012. Pour en juger, il faut se rappeller (996) que les pistons de cette machine n'ayant que 2 pouces 6 lignes de diametre, leur quarré sera de $6\frac{1}{4}$ pouces; comme ils pourroient être de $9\frac{6}{11}$, on connoîtra l'effet de ce dernier, en disant. Si $6\frac{1}{4}$ donnent 10 muids par heure, combien donneront $9\frac{6}{11}$? On trouvera 15 muids $\frac{3}{11}$ pour le produit dont cette machine seroit capable, si elle étoit rectifiée.

Quand cette machine sera rectifiée, la force moyenne d'un cheval pourra élever quinze muids d'eau par heure, à 150 pieds de hauteur.

1013. Nous avons dit (1006) que la résistance absolue de la roulette d'un des balanciers, étoit à sa plus grande résistance relative, comme le produit des deux axes d'une ellipse, étoit à la différence des quarrés des mêmes axes; par conséquent si cette différence étoit égale au produit des axes, l'ellipse en tournant n'auroit jamais à surmonter une résistance au-dessus de celle que la roulette peut opposer naturellement, & il suffiroit dans le calcul de la machine, de n'avoir simplement égard qu'au plus grand bras de levier relatif à l'ellipse (1005). Il doit donc y avoir un rapport déterminé entre ces deux axes, pour que la résistance du poids n'excede jamais sa pesanteur propre.

On peut déterminer les axes des ellipses, de maniere qu'elles n'auront jamais à surmonter une résistance au-dessus de la pésanteur absolue du poids.

1014. Pour découvrir ce rapport, nous supposerons que le grand axe AB étant donné, il s'agit de trouver le petit CD, ensorte que l'on ait $AE \times ED = \overline{AE}^2 - \overline{ED}^2$. Ayant nommé AE, a; ED, x; on aura $ax = aa - xx$, ou $xx + ax = aa$, qui étant réduit, donne $x = \sqrt{aa + \frac{aa}{4}} - \frac{a}{2}$, dont voici la construction.

Calcul pour déterminer les axes des ellipses. PLAN. 5. FIG. 12.

Il faut sur l'extrêmité A du grand axe AB, élever la perpendiculaire AF, égale à la moitié du demi-axe AE, tirer la ligne EF, d'où ayant retranché FH égale à AF, la différence EH, (x) donnera le demi-axe ED que l'on demande, comme il est aisé de s'en convaincre.

1015. Si l'on fait EG égal à EH ou à ED, le demi-axe AE se trouvera divisé en moyenne & extrême raison au point G; car EG étant x, GA sera $a - x$; & comme par la proprieté de cette ellipse l'on a $ax = aa - xx$, ou en transposant $xx = aa - ax$, d'où l'on tire a (AE), x (EG) :: x (EG), $a - x$ (GA); on voit que *pour avoir une ellipse dont le produit des deux axes soit égal à la différence des quarrés des mêmes axes, il faut que le petit axe soit égal à la médiane du grand, divisé en moyenne & extrême raison.*

Pour que les ellipses soient parfaites, il faut que leur petit axe soit égal à la médiane du grand divisé en moyenne & extrême raison.

1016. Si l'on vouloit que les ellipses de la machine du Val-Saint-Pierre fussent dans le cas de la précédente, il faudroit en donnant encore 5 pieds ou 60 pouces au grand axe, en donner

La grandeur que nous avons donnée aux axes des

ellipſes, approche fort du point de perfection.

37 au petit, au lieu de 36; alors la différence des demi-axes, par conſéquent le plus grand bras de levier & le chemin de la roulette ſe trouveroient de 11 pouces 6 lignes; car ſi dans l'équation $x = \sqrt{aa + \frac{aa}{4}} - \frac{a}{2}$, on ſuppoſe a de 30 pouces, x en vaudra $18\frac{1}{2}$, qui eſt une différence de 6 lignes, à laquelle nous n'avons point eu égard, pour rendre les dimenſions plus ſimples; autrement ſi le chemin de la roulette ne ſe trouvoit que de $11\frac{1}{2}$ pouces, tandis que le jeu des piſtons ſeroit de 8, il faudroit que les bras du balancier fuſſent dans le rapport de 23 à 16, au lieu qu'ils ſont dans celui de 3 à 2 (995). J'ajouterai qu'indépendamment de cette conſidération, il étoit à propos de montrer la maniere de calculer l'action des ellipſes, quel que puiſſe être le rapport de leur diametre.

Le chemin de la roulette étant donné, ou la différence des deux axes, déterminer la grandeur des axes dans le cas le plus parfait.

1017. Si la différence des axes, ou le chemin de la roulette, que nous nommerons b, étoit donnée, & que l'on voulût connoître la grandeur des mêmes axes, pour que l'ellipſe ſoit dans le cas le plus avantageux. Nommant x, la moitié du petit axe, on aura $b + x$ pour celle du grand, par conſéquent $b + x, x :: x, b$, d'où l'on tire $bb = xx - bx$, qui étant réduit donne $\sqrt{bb + \frac{bb}{4}} + \frac{b}{2} = x$.

Voulant appliquer cette équation à un exemple, nous ſuppoſerons que l'on veut déterminer les axes des ellipſes du Val-Saint-Pierre, de maniere que le chemin de la roulette ſoit de 12 pouces, alors on aura $bb + \frac{bb}{4} = 180$, dont la racine quarrée eſt de 13 pouces 5 lignes, à laquelle ajoutant 6, valeur de $\frac{b}{2}$, il vient 19 pouces 5 lignes pour la moitié du petit axe, & 31 pouces 5 lignes pour celle du grand. Que ſi l'on ſuit ces dimenſions, la fraction $\frac{16}{15}$ devenant nulle dans le calcul de la machine, on aura $\frac{3}{2}x$, au lieu de $\frac{8}{5}x$ (1008); ſi l'on donne encore trois pouces au diametre des piſtons, la puiſſance ſera environ d'un douzieme plus forte que le poids; ce ſurcroît de force ſervira à ſurmonter la réſiſtance que peut oppoſer la péſanteur relative des balanciers ſoutenus par les ellipſes; nous n'avons point fait entrer cette péſanteur dans le calcul de la machine, l'ayant regardée comme un trop petit objet. J'ajouterai ſeulement que le poids de cette partie des balanciers, joint à l'avantage qu'elle tire de ſa longueur, doit être tellement ménagé, que les roulettes n'abandonnent jamais les ellipſes, afin que l'aſpiration des piſtons ſe faſſe naturellement.

Recherches

Recherches sur une Ellipse, qui tournant sur son centre, éleve un poids.

1018. Ayant une Ellipse BCIS mûe verticalement autour de son centre A, par l'action d'une puissance Q, appliquée à un bras de levier constant AT pour élever un poids P, représenté par le cercle DM, dont le centre D est supposé se maintenir dans la verticale AD, & soutenu par une puissance, dont la direction DZ ne sort jamais de l'horisontal, on demande une expression de la puissance Q dans toutes les situations de l'Ellipse, particulierement dans celle où cette puissance aura à soutenir la plus grande résistance que le poids lui peut opposer.

Examen des lignes qui peuvent exprimer la direction du poids & le bras de levier qui a rapport à l'Ellipse. PLAN. 5. FIG. 13.

Supposant que le point M soit celui où le poids P touche l'Ellipse, tirant la ligne DMG, elle marquera la direction de l'effort que l'Ellipse soutient au point M; que si du même point on abaisse sur la verticale DA, la perpendiculaire MO, prenant DO pour exprimer la pesanteur absolue du poids P, le rayon DM (que nous nommerons R) exprimera l'effort que l'Ellipse soutient; & si du centre A, l'on abaisse la ligne AF perpendiculaire sur DC, elle sera le bras du levier relatif à cet effort; ainsi dans l'état d'équilibre, l'on aura Q, R :: AF, AT; il s'agit donc de trouver l'expression de AF & celle de la force R.

Ayant mené du point M l'ordonnée MP au grand axe AB de l'Ellipse, & formé le triangle différentiel M*m*R qui servira pour avoir l'expression de ME & de EP; nous nommerons AB, *a*; AC, *b*; DM, *r*; DF, *f*; AF, *z*; AP, *x*; PM, *y*; MR, *dy*; RM, *dx*; & M*m*, *du*.

1019. La proprieté de l'Ellipse donnant $yy = bb - \frac{bb}{aa}xx$, ou $y = \frac{b}{a}\sqrt{aa-xx}$, l'on aura $dy = -\frac{bx\,dx}{a\sqrt{aa-xx}}$, & $du = \sqrt{dx^2+dy^2} = \frac{dx}{a}\frac{\sqrt{a^4-aaxx+bbxx}}{aa-xx} = \frac{dx}{a}\frac{\sqrt{a^4-ccxx}}{aa-xx}$ en supposant $aa - bb = cc$.

1020. L'on tire des triangles semblables MR*m*, MPE, R*m* (*dx*), $MR\left(\frac{bxdx}{\sqrt{aa-xx}}\right) :: MP\left(\frac{b}{a}\sqrt{aa-xx}\right), EP = \frac{bbx}{aa}$, d'autre part R*m* (*dx*), $Mm\left(\frac{dx}{a}\frac{\sqrt{a^4-ccxx}}{aa-xx}\right) :: MP\left(\frac{b}{a}\sqrt{aa-xx}\right), ME\left(\frac{b}{aa}\sqrt{a^4-ccxx}\right)$; ainsi $AP - EP = AE\left(\frac{aax-bbx}{aa} = \frac{ccx}{aa}.\right)$

Analogie pour trouver l'expression des mêmes lignes. PLAN. 5. FIG. 13.

1021. L'on tire encore des triangles ſemblables MPE, AFE, $EM\left(\frac{b\sqrt{a^4-ccxx}}{aa}\right)$, $MP\left(\frac{b\sqrt{aa-xx}}{a}\right)::AE\frac{ccx}{aa}$, $AF(z)=\frac{ccx\sqrt{aa-xx}}{a\sqrt{a^4-ccxx}}$, & $EM\left(\frac{b\sqrt{a^4-ccxx}}{aa}\right)$, $EP\left(\frac{bbx}{aa}\right)::AE\left(\frac{ccx}{aa}\right)$, $EF=\frac{bccxx}{aa\sqrt{a^4-ccxx}}$; ainſi l'on aura $DF=DM(r)+ME\left(\frac{b\sqrt{a^4-ccxx}}{aa}\right)+EF\left(\frac{bccxx}{aa\sqrt{a^4-ccxx}}\right)=r+\frac{aab}{\sqrt{a^4-ccxx}}$. Cela poſé, on tire du triang. rectang. DFA l'équation ſuivante, $AD(\sqrt{zz+ff})=\frac{\sqrt{aarr\times a^4-ccxx+2a^4br\sqrt{a^4-ccxx}+a^6bb+c^4xx\times aa-xx}}{a\sqrt{a^4-ccxx}}$, qui annonce que la valeur de Q ſera ſi compoſée qu'on n'en pourra rien faire, comme on en va juger après que nous aurons trouvé l'expreſſion de R.

1022. Conſiderez que l'on a DF (f), $DA(\sqrt{zz+ff})::DO$, $DM::P, R=P\times\frac{\sqrt{zz+ff}}{f}$, & qu'on peut encore trouver une valeur de Q par cette nouvelle proportion AT (b), AF (z) $::R, Q=\frac{Rz}{b}=P\times\frac{z\sqrt{zz+ff}}{bf}$, d'où l'on tire $Q=P\times\frac{ccx\sqrt{aa-xx}\times\sqrt{aarr\times a^4+ccxx+2a^3br\sqrt{a^4-ccxx}+a^6bb+c^4xx\times aa-xx}.}{ab\sqrt{a^4-ccxx}\times ar\sqrt{a^4-ccxx}+a^3b}$.

On ne peut parvenir à une expreſſion ſimple de la puiſſance & du bras de levier qui répond au poids que par une ſuppoſition qui peut être admiſe pour la pratique.

1023. Quoique nous ayons réduit la valeur de la puiſſance Q à ſa plus ſimple expreſſion, elle eſt encore ſi compoſée qu'il ne me paroît pas poſſible de la déterminer dans le cas où elle a le plus grand effort à ſoutenir, à cauſe des difficultés inſurmontables que fournit la longueur du calcul. Ayant tenté pluſieurs voyes différentes, qui ne m'ont pas mieux réuſſi que la précédente, j'ai pris le parti de ſuppoſer que le point d'attouchement M du poids & de l'Ellipſe, étoit toujours dans la verticale AD. Cette ſuppoſition eſt ſi peu éloignée de ce qui arrive en effet dans l'uſage qu'on peut faire de ces ſortes d'Ellipſes, que tout ce qu'on en déduira pour la pratique, pourra être regardé comme vrai. Ainſi ne conſiderant plus que la figure quatorziéme, nous prendrons la ligne MG perpendiculaire à la tangente MN, pour la direction ſelon laquelle le poids P réſiſte à l'Ellipſe, par conſéquent la perpendiculaire AF ſera le bras de levier relatif à cet effort. (1018)

PLAN. 5. FIG. 14.

1024. Si l'on ſe rappelle qu'on a trouvé (1021) AF $= \frac{ccx\sqrt{aa-xx}}{a\sqrt{a^4-ccxx}}$, prenant la différentielle de cette expreſſion pour en chercher le *maximum*, l'on aura $\frac{aa-2xx\times\sqrt{a^4-ccxx}\times dx}{\sqrt{aa-xx}} + \frac{ccxx\sqrt{aa-xx}\times dx}{\sqrt{a^4-ccxx}} = 0$, d'où l'on tire $x^4 - \frac{2a^4}{cc}xx + \frac{a^6}{cc} = 0$, par conſéquent $xx = \frac{a^4}{cc} + \frac{\sqrt{a^8}}{c^4} - \frac{a^6}{cc}$ ou $xx = \frac{a^4}{cc} + \frac{a^3}{cc}\sqrt{aa-cc}$; & comme l'on a $aa-bb=cc$ (1019), d'où l'on tire $aa-cc=bb$, par conſéquent $\sqrt{aa-cc}=b$, il viendra $xx = \frac{a^4+a^3b}{cc}$; mais comme dans le choix des ſignes + & —, on reconnoît aiſément qu'il faut ſe déterminer pour —, l'on aura donc $x = \frac{a}{c}\times\sqrt{aa-ab}$, qui étant ſubſtitué dans $\frac{ccx\sqrt{aa-xx}}{a\sqrt{a^4-ccxx}}$, expreſſion de AF, donne AF $= \frac{cc}{a}\times\frac{c\sqrt{aa-ab}\times\sqrt{aa-\frac{a^4+a^3b}{cc}}}{\sqrt{a^4-a^4+a^3b}}$, ou AF $= \frac{\sqrt{aa-ab}\times\sqrt{ab-bb}}{\sqrt{ab}}$ ou $\overline{AF}^2 = \frac{\overline{aa-ab}\times\overline{ab-bb}}{ab} = aa-2ab+bb$, dont la racine donne AF $= a-b$, qui montre que *la plus grande valeur que peut avoir AF, eſt égale à la différence des demi-axes AB & AC.*

1025. Pour connoître la plus grande réſiſtance que le poids P peut oppoſer au mouvement de l'Ellipſe, nous ſuppoſerons que la tangente MN repréſente un plan incliné MLN, pouſſé en avant, ſelon une direction horiſontale LM, par une puiſſance, qui a pour objet d'élever le poids P. En ſuivant cette idée, la peſanteur abſolue du poids ſera à la puiſſance, comme la baſe ML du plan, eſt à ſa hauteur LN, ou comme MF eſt à FA, parce que les angles NML, AMF ſont égaux, ou comme le ſinus total eſt à la tangente de l'angle AMF; ainſi lorſque la tangente de cet angle ſera la plus grande qu'il eſt poſſible, le poids oppoſera à l'Ellipſe la plus grande réſiſtance.

Le réſultat du calcul eſt de faire voir que le plus grand bras de levier qui répond à l'Ellipſe, eſt égal à la différence de ces deux axes.

Nommant r le ſinus total, & t la tangente de l'angle AMF; l'on aura (1026) MF $\left(\frac{aab}{\sqrt{a^4-ccxx}}\right)$, AF $\left(\frac{ccx\sqrt{aa-xx}}{a\sqrt{a^4-ccxx}}\right) :: r, t = \frac{ccr}{a^3b}x\sqrt{aa-xx}$, prenant donc la différentielle de $\frac{ccr}{a^3b}x\sqrt{aa-xx}$

pour l'egaler à zero, l'on trouvera que le plus grand, donne $x = \frac{\sqrt{aa}}{2}$, *qui montre que lorſque AP a cette derniere valeur, le poids oppoſé à l'Ellipſe la plus grande réſiſtance qu'il eſt poſſible.*

A quoi ſe réduit le rapport de la peſanteur relative du poids.

1026. Si l'on ſubſtitue la valeur d'x dans $t = \frac{ccr}{a^3 b} x \sqrt{aa - xx}$, il viendra $t = \frac{ccr}{ab}$ ou $\frac{r}{t} = \frac{ab}{cc}$, qui montre que *la peſanteur abſolue du poids eſt à la plus grande réſiſtance qu'il peut oppoſer au mouvement du plan incliné ou de l'Ellipſe, comme le rectangle compris ſous les deux axes, eſt à la différence des quarrés des mêmes axes.*

Maniere de déterminer le plus grand angle formé par une tangente & un diametre de l'Ellipſe.

1027. L'angle obtus AMN étant compoſé de l'angle droit FMN, & de l'angle aigu AMF, l'on ſent bien que lorſque ce dernier ſera le plus grand de tous ceux qui peuvent être compris par le diametre AM, & la ligne MF, perpendiculaire au point d'attouchement de la tangente; l'angle obtus AMN ſera le plus grand de tous ceux qui peuvent être formés par la tangente & le diametre; *& c'eſt ce qui arrivera lorſque le ſinus total ſera à la tangente de l'angle aigu AMF, comme le rectangle des deux axes eſt à la différence des quarrés des mêmes axes.*

Lorſque l'angle d'un diametre & d'une tangente eſt le plus grand, les coupées correſpondantes ſont dans la même raiſon que les axes

1028. Si l'on ſubſtitue auſſi la valeur d'x qui eſt $\frac{\sqrt{aa}}{2}$ (1025) dans MP $(y) = \frac{b}{a}\sqrt{aa - xx}$, il viendra MP $(y) = \frac{\sqrt{bb}}{2}$, par conſéquent l'on aura AP, PM :: a, b, qui montre que *lorſque l'angle AMN eſt le plus grand, les triangles CAB, APM ſont ſemblables.*

Suppoſant que la ligne AK ſoit horiſontale, & que du point P l'on abbaiſſe la perpendiculaire BH, les triangles BAH, CAB ſeront ſemblables, puiſqu'ils le ſont tous deux au troiſiéme AMP, d'où l'on tire AH, BH :: PM, AP :: b, a; par conſéquent b, a :: AH, HB, qui montre que *quand l'Ellipſe ſoutient la plus grande réſiſtance que le poids peut lui oppoſer, le petit axe eſt au grand, comme le ſinus total AH eſt à la tangente HB de l'angle BAH, que le grand axe de l'Ellipſe fait avec l'horiſon.*

PLAN. 5. FIG. 14.

1029. Nommant T, la tangente de l'angle BAH; & r, le ſinus total, l'on aura r, t :: b, a, par conſéquent $T = \frac{ar}{b}$; & comme nous avons trouvé dans l'article 1026, $t = \frac{ccr}{ab}$ pour la tangente de l'angle AMF, l'on aura donc T, t :: $\frac{ar}{b}$, $\frac{ccr}{ab}$ ou T, t :: $\frac{aar}{ab}$, $\frac{ccr}{ab}$

:: aa, cc, qui fait voir que *quand l'Ellipſe éprouve la plus grande réſiſtance du poids, la tangente de l'angle que le grand axe fait avec l'horiſon, eſt à l'angle que la tangente de l'Ellipſe forme, comme le quarré du grand axe eſt à la différence du même quarré à celui du petit.*

Je ne m'arrête point à rapporter pluſieurs autres conſéquences au ſujet des Ellipſes qui tournent ſur leur centre, parce qu'elles ſe préſentent d'elles-mêmes; mais je ne paſſerai pas ſous ſilence la ſolution d'un problême qui pourroit embarraſſer des commençans s'ils le conſidéroient détaché de la liaiſon qu'il a avec ce qui précede.

Problême nouveau ſur l'Ellipſe déduit des calculs précédens.

1030. L'on demande de trouver dans la circonférence d'une Ellipſe un point M, ſur lequel ayant abaiſſé une perpendiculaire MG, qui forme un angle droit MFA, avec une autre ligne AF, tirée du centre A de l'Ellipſe, le produit de MF par AF ſoit le plus grand de tous ceux qui peuvent être formés par deux lignes tirées avec les mêmes conditions.

Ayant trouvé (1021) $MF = \frac{aab}{\sqrt{a^4 - ccx}}$ & $AF = \frac{ccx}{a}$ $\times \frac{\sqrt{aa-xx}}{\sqrt{a^4-ccxx}}$, l'on aura $\frac{aab}{\sqrt{a^4-ccxx}} \times \frac{ccx}{a} \frac{\sqrt{aa-xx}}{\sqrt{a^4-ccxx}} = \frac{abcc\times\sqrt{aaxx-x^4}}{a^4-ccxx}$ PLAN. 5. FIG. 14.

dont la différentielle donne toute réduction faite $\frac{a^4}{2aa-cc} = xx$,

ou $\frac{aa}{\sqrt{aa+bb}} = x$. Que ſi l'on ſubſtitue la valeur d'xx, dans $y = \frac{b}{a}\sqrt{aa-xx}$, l'on trouvera $\frac{bb}{\sqrt{aa+bb}} = y$, qui donne AP ($xx$), PM ($y$) :: aa, bb, lorſque le produit de MF par AF eſt le plus grand.

Tirant la ligne CI, & abaiſſant du centre A ſur cette ligne la perpendiculaire AV, l'on aura à cauſe du triangle rectangle CAI cette proportion, CI ($\sqrt{aa+bb}$), AI (a) :: AI (a), IV $= \frac{aa}{\sqrt{aa+bb}} = x$; d'autre part CI ($\sqrt{aa+bb}$), CA ($b$) :: CA ($b$), CV $= \frac{bb}{\sqrt{aa+bb}} = y$, qui montre que *quand le rectangle de MF par FA eſt le plus grand, l'on a CI=AP+PM*, & que *pour avoir le point M, il ſuffit de faire AP égal au ſegment VI, qui répond à la moitié IA du grand axe dans le triangle rectangle CAI.*

Maniere fort ſimple de faire mouvoir des piſtons par le moyen d'une roue ondée.

Entre les différens moyens de faire agir des pompes refoulantes par la force d'un cheval, je n'en connois point de plus ſimple, que celui que M. Deſargues a tiré d'une roue qu'il a fait exécuter au château de Beaulieu à huit lieues de Paris, & qui a été renouvellée depuis par M. de la Hire, qui en donne la deſcription dans ſon traité des épicycloïdes, avec le moyen de la perfectionner. Comme ce qu'en dit cet Auteur m'a fait naître pluſieurs remarques utiles, j'ai cru devoir rapporter ici ſon diſcours à la lettre, afin que ceux qui n'ont point ce traité, puiſſent voir les endroits qui ont donné lieu à mes réflexions.

PLAN. 7. FIG. 1.

Diſcours de M. de la Hire, tiré de ſon traité des Epicycloïdes.

» LMOI eſt une grande roue faite de groſſes pieces de bois » aſſemblées les unes avec les autres, laquelle eſt poſée horiſon» talement. L'axe ou l'arbre AB de cette roue eſt une groſſe piece » de bois qui ſe meut par le bas ſur ſon pivot P ſur une crapaudine, » étant ſeulement entretenu par le haut dans une moiſe, afin qu'il » demeure toujours à plomb. Cette roue eſt dentée ou ondée par » le bord à la maniere des roues de rencontre des horloges ordi» naires; & il n'y a que cinq dents comme OI qui agiſſent en » paſſant par deſſus la roulette R S qui eſt mobile ſur ſon aiſſieu C. » Cet aiſſieu tient au bras DC qui eſt auſſi mobile autour de ſon » aiſſieu D, lequel eſt arrêté ferme à quelqu'aſſemblage. Le bras » DC eſt joint & attaché à la portion de cercle DEF, en ſorte » qu'ils ne peuvent ſe mouvoir l'un ſans l'autre. Sur l'épaiſſeur de » l'arc EF, il y a une double chaîne platte HG attachée vers le » haut en E, & cette chaîne a deux anneaux à ſon extrêmité, qui » ſoutiennent l'anſe de fer qui porte le piſton d'une pompe refou» lante. Le levier ou bras N de cette machine paſſe dans l'arbre » en B, & peut être arrêté ſi l'on veut à la roue pour être plus fer» me. Il y a deux roulettes comme celle que je viens de décrire, » qui ſont oppoſées diametralement ſous la roue, & qui doivent » toujours agir alternativement. Car par la diſpoſition des roulet» tes, lorſque l'une ſe trouve dans le fond ou creux de l'onde, » l'autre ſe trouvera ſur le haut. Mais la roue tournant de O en I, » la roulette deſcendra dans la rencontre de la partie OQ de » l'onde, & elle remontera dans l'autre. On ne doit conſidérer » que la partie OQ de l'onde, car il n'y a que celle-là qui tra-

» vaille pour faire abaiſſer la roulette qui éleve le piſton de la » pompe refoulante, & qui ſoutient tout le poids de l'eau. La rou- » lette remontant dans l'autre partie de l'onde, ne fait aucun effort » contre la roue, & elle ſuit ſeulement la ſinuoſité de la dent, n'é- » tant élevée que par la peſanteur du piſton & de ſon anſe, & du » triangle DEF qui retombe en bas par leur propre poids, qu'on » peut rendre à peu près égal à celui de la roulette.

» Tout l'effort de la roue ne ſe fait que par ſa peſanteur, en » ſorte que ſi elle eſt auſſi peſante que le poids de la colonne d'eau » qu'on doit ſoutenir dans le corps de pompe, la diſtance des le- » viers étant compenſée, il eſt évident qu'elle ne fera pas un frotte- » ment conſidérable ſur ſon pivot P. Mais il faut qu'elle ſoit tou- » jours plus peſante, & qu'elle ne puiſſe pas ſortir de ſa crapau- » dine, car autrement elle travailleroit ſur les deux roulettes tout » à la fois, ce qu'il faut éviter.

» Le nombre des dents de cette roue doit être impair, afin » qu'il y ait toujours une des deux roulettes oppoſées qui travaille, » & que la puiſſance qui meut le levier N, agiſſe toujours égale- » ment, & non par ſauts, comme il arrive à la plûpart des machi- » nes qui n'ont qu'une ou deux roues. C'eſt en ceci que conſiſte » la principale adreſſe de la conſtruction des dents, & de la po- » ſition des roulettes : car quoique l'on ſuive toujours la regle dans » la forme des dents, il faut avoir égard aux proportions de la » hauteur & de la longueur des dents, avec le diametre de la » roue.

» On doit remarquer qu'il n'eſt pas poſſible que la face des » dents ou des ondes de la roue travaille par tout ſur la roulette » à égales diſtances de l'axe de cette roue, à cauſe que le mou- » vement de la roue eſt circulaire & horiſontal, & que celui de la » roulette eſt vertical ou à plomb : car il arrive que lorſque les » dents rencontrent la roulette dans leur fond & à leur pointe, ſi » l'aiſſieu de la roulette eſt également éloigné de l'axe de la roue, » il en ſera plus proche quand la roulette ſera vers la moitié de ſa » deſcente, ce qui ſera facile à connoître dans le plan ; cette dif- » férence d'éloignement cauſera un peu de frottement de la face » de la dent avec celle de la roulette : mais ce ſont de ces défauts » qu'il n'eſt pas poſſible d'éviter entierement dans les machines, » & l'on doit regarder celles qui en ont moins ou de moins con- » ſidérables pour les plus parfaites.

» Pour la conſtruction des dents de la grande roue de cette ma- » chine, on les doit conſidérer comme ſi elles étoient dans le mê-

» me plan que celui de la roulette, & quand on en aura déter-
» miné la figure, on l'appliquera sur la roue à l'endroit où la rou-
PLAN. 7. » lette la rencontre, en se servant d'un profil ou calibre taillé de la
» figure de la dent.

» Ayant donc déterminé le centre D du mouvement du bras
FIG. 2. » DC de la roulette RS, & la grandeur DC de ce bras, du cen-
» tre D & pour rayon DC on décrira le cercle CE, auquel on
» menera la ligne touchante ABC en C. Sur la ligne BA pour base
» & pour cercle générateur CE, on décrira la cycloïde CVV, &
» par tous ces points VV comme centres on décrira les cercles
» N égaux à celui de la roulette; je dis que la ligne courbe SNN
» qui touche tous ces cercles, sera celle de la figure de l'on-
» de.

» Si l'on imagine que la ligne droite BA se meut de B vers A sur elle
» même avec la cycloïde CVV qui lui est attachée, il est évident que
» chaque point B de la ligne BA fera autant de chemin que le
» point C en fera autour du centre D, étant mû par la cycloïde
» VV. Car si le point C de la ligne BA est transporté en T par
» l'espace CT, la cycloïde CV sera placée en TE, & le point C
» sera parvenu en E sur l'arc de cercle CE: mais par la génération
» de la cycloïde, l'arc CE est égal en longueur à la ligne droite
» CT, donc deux puissances égales dont l'une fait mouvoir la li-
» gne CT sur elle-même, & l'autre fait mouvoir le point C autour
» du centre D, feront par tout équilibre; car on doit considérer
» la ligne droite BA comme la circonférence d'un cercle dont
» le centre est à l'infini.

» Mais maintenant, si au lieu du point C du rayon CD on ap-
FIG. 2.5. » plique la roulette circulaire RS qui a son centre en C; il est évi-
» dent par la construction de la courbe SNN qu'elle fera le même
» effet sur le centre C de la roulette en rencontrant sa circonfé-
» rence, que si la cycloïde CVV rencontroit seulement ce point
» C: car le centre C étant posé en E, le point N de la courbe
» SNN sera posé en *n*, en sorte que E *n* sera la plus courte distance
» du point E à la courbe.

» Dans la construction des dents de cette machine, on ne
» se sert pas de toute la courbe SNN, formée sur la cycloïde en-
» tiere, mais seulement d'une partie & de celle qu'on voudra;
» car autrement il faudroit que les ondes fussent trop grandes. On
» peut donc prendre par exemple la partie du milieu NX de toute la
» courbe SNXF qui est formée sur la demi-cycloïde CV. Ainsi le
» fond de l'onde sera formé par le cercle de la roulette dans la po-
sition

» ſition NZP, & ſa pointe ſera au point X. On pourra donner » à-peu-près la même figure à la partie de l'onde qui remonte & » qui ne travaille pas, afin que la roulettte puiſſe rouler plus dou- » cement en remontant dans le fond. PLAN. 7. FIG. 2, 3 & 4.

» On doit remarquer que lorſque la roulette ſera parvenue à » l'extrémité X de l'onde, le centre M de la roulette n'eſt pas » le plus éloigné qu'il peut être du point X, c'eſt-à-dire que la li- » gne MX n'eſt pas perpendiculaire à BC : mais comme le point » X décrit une ligne parallele à BC, il travaillera ſeul ſur la cir- » conférence de la roulette, juſqu'à ce que le point M ſoit par- » venu dans la ligne MX perpendiculaire à BC. Le centre M de la » roulette décrira donc dans cet endroit un petit arc de cercle » égal à celui de la roulette, & il arrivera que le point X de l'onde » s'émouſſera un peu dans la ſuite du travail, ce qui n'arriveroit » pas, ſi l'on ſe ſervoit de toute la courbe NXF ; car l'onde ne » feroit pas une pointe à ſon extrémité F comme au point X, à » cauſe que la touchante de la courbe en F eſt parallele à BC & » que la touchante en X eſt inclinée à cette même ligne BC. Il eſt » évident que le travail du point X ſeul durera d'autant plus de tems » que la roulette ſera plus grande ; car l'arc que le point M dé- » crira, ſera plus grand pour amener ce point M dans la ligne » tirée par X perpendiculaire à BC, que ſi le rayon de la rou- » lette étoit plus petit. Il y a encore une incommodité dans la » grande roulette ; car elle fera de plus grands balancemens d'un » côté & d'autre ſous l'onde, à cauſe qu'elle ſe meut ſur deux » points, dont l'un eſt ſon pivot, & l'autre eſt celui du bras & de » la portion de cercle qui porte la chaîne, ce qui ne ſeroit pas ſi » conſidérable dans une petite roulette. Mais ſi la roulette étoit » fort petite, il faudroit prendre une plus grande portion de la » courbe NN pour former l'onde, afin d'avoir toujours la même » élévation dans le piſton de la pompe.

» Il eſt facile à voir que la chaîne qui eſt attachée à la portion de » cercle ſert à faire élever le piſton toujours à plomb, ce qui eſt » d'un très-bon uſage dans ces ſortes de pompes : car autrement, » ſi l'autre qui porte le piſton étoit ſeulement attachée à un levier » mobile autour d'un aiſſieu comme D dans cette machine, il » arriveroit que le piſton ſeroit tiré tantôt d'un côté, & tantôt de » l'autre, & frotteroit inégalement dans le corps de pompe en tra- » vaillant ; ce qui la gâteroit en très-peu de tems, comme je l'ai » remarqué en quelques rencontres ».

Remarques

M. *de la Hire* ne s'expliquant point ſur la maniere de calculer

ſur le diſcours précédent.

cette machine, on ne comprend pas ce qu'il a voulu inſinuer en diſant : *Tout l'effort de la roue ne ſe fait que par ſa peſanteur, enſorte que ſi elle eſt auſſi peſante que le poids de la colonne d'eau qu'on doit ſoutenir dans le corps de pompe, la diſtance des leviers étant compaſſée, il eſt évident qu'elle ne fera pas un frottement conſidérable ſur ſon pivot P : mais il faut qu'elle ſoit toujours plus peſante, & qu'elle ne puiſſe pas ſortir de ſa crapaudine, car autrement elle travailleroit ſur les deux roulettes toute à la fois, ce qu'il faut éviter.*

Il ſemble que cet Auteur veut donner à entendre que le poids de la roue étant en équilibre avec celui de la colonne d'eau, la puiſſance n'a d'autre réſiſtance à ſurmonter, que celle qui provient du frottement qu'il a raiſon d'eſtimer peu conſidérable, vu l'extrême petiteſſe du rayon du pivot de l'arbre, par rapport à la longueur du limon BN, qui eſt ce que l'on doit entendre par *la compaſſation des leviers.*

Cette machine pourroit paſſer à juſte titre pour une merveille, ſi effectivement la puiſſance ne ſoutenoit aucune partie du poids de l'eau, & ſi elle n'avoit à ſurmonter que le frottement ; mais c'eſt ce qui n'arrive point ici, & ce qui ne ſe rencontrera jamais dans aucune machine.

Examen ſur la maniere dont agit la puiſſance qui fait monter un poids par le moyen de la roue précédente.

On jugera de l'effet des ondes, en conſiderant qu'elles ont deux actions : l'une, qui vient de la peſanteur propre de la roue, ſe fait ſelon une direction verticale, & l'autre, qui vient de la puiſſance qui la meut, ſe fait ſelon une direction horiſontale. D'où il réſulte une force compoſée qui fait monter l'eau.

PLAN. 7. FIG. 7.

Pour me faire entendre, conſiderez le levier coudé EDC ayant un poids P ſuſpendu à l'extrémité E de l'arc EF, & une roulette SR à l'autre extrémité C. Il eſt conſtant que ſi la ligne horiſontale BD exprime la face d'une poutre inébranlable, en introduiſant le coin OAQ entre la poutre & la roulette RS, pour le faire gliſſer de B en D, par l'action d'une puiſſance T, ce coin forcera la roulette de deſcendre, & le poids P de monter. Alors, dans l'état d'équilibre, les trois côtés du triangle rectangle OAQ exprimeront l'action de trois puiſſances ; le premier AO, l'effort de la puiſſance T ; le ſecond AQ, l'action de la roulette SR contre la poutre BD, qui tient lieu du poids de la roue dont nous parlons ; & le côté OQ l'effort que ſoutient le plan incliné, ou celui qui réſulte du concours de la puiſſance T & de la réſiſtance de la poutre. Comme il n'y a que la puiſſance T qui peut obliger la roulette à deſcendre & le poids P à monter, on voit que cette puiſſance ſera à l'action du poids P, ou à la réſiſtance que la roulette peut oppo-

ſer au plan incliné, comme la hauteur AO de ce plan eſt à ſa baſe AQ, ou comme la tangente de l'angle AQO, que le plan incliné OQ forme avec l'horiſon BD, eſt au ſinus total; par conſéquent cette puiſſance ne peut être nulle que dans le cas où le poids reſtant immobile, la roulette appuyera immédiatement contre la poutre BD.

Ce que nous venons de dire s'applique de ſoi-même à l'action de la roue dont nous parlons, car chaque onde peut être regardée comme un plan incliné, ou ſi l'on veut, à cauſe de ſa courbe, comme compoſée de pluſieurs plans inclinés contigus, ſur chacun deſquels on pourra faire le même raiſonnement. Mais comme ces plans ſont tous des angles différens avec l'horiſon, il ſuit que la puiſſance n'agira point d'une maniere uniforme, & qu'elle ſera tantôt plus petite ou plus grande que le poids, ſelon que les tangentes des mêmes angles ſeront au-deſſus ou au-deſſous du ſinus total, comme nous le démontrerons plus bas.

M. *de la Hire* a raiſon d'obſerver qu'il faut que la roue ſoit toujours plus peſante que la colonne d'eau qu'on veut élever, pour que cette roue ne ſorte point de ſa crapaudine, mais on n'entend pas encore ce qu'il veut dire, en ajoutant que ſi cela arrivoit, *elle agiroit ſur deux roulettes tout à la fois*, c'eſt-à-dire, que les deux piſtons refouleroient l'eau en même tems, mais c'eſt ce qui ne peut ſe rencontrer, à cauſe de la figure de la roue. En effet, il y aura toujours le vuide d'une des ondes diamétralement oppoſé à la ſaillie d'une autre onde. D'ailleurs les eſſieux des deux balanciers étant maintenus inébranlables à une diſtance l'un de l'autre à-peu-près égale au diametre de la roue, il n'eſt pas poſſible que les roulettes deſcendent toutes deux en même tems, quelque accident qu'il ſurvienne à la roue. Enfin, ſi le pivot ceſſoit d'être enfermé dans la crapaudine, l'arbre tomberoit de côté, & la roue ne pourroit plus agir ſur les roulettes; en un mot, la machine ne ſeroit plus capable d'aucun effet.

L'application de la cycloïde pour perfectionner la roue de M. Deſargues *ne convient nullement.*

Quant à l'application que M. *de la Hire* fait de la cycloïde pour déterminer la courbure des ondes, afin que le chemin de la circonférence de la roue ſoit égal à celui de l'eſſieu de la roulette, ce moyen ſeroit bien imaginé, pour égaler les deux puiſſances dont il parle, ſi elles étoient toujours les mêmes, mais elles ſont bien éloignées d'être uniformes, comme on le va voir.

On ſait qu'une tangente EF, menée à une cycloïde AEC, eſt toujours parallele à la corde AD de l'arc du cercle générateur, égal à l'ordonnée correſpondante DE, que par conſéquent l'an-

FIG. 3 & 4.

PLAN. 7. FIG. 2, 3 & 4. gle DEF augmente à mesure que le point E approche de C ; car à cet endroit la tangente CG forme avec la base BC un angle droit BCG, au lieu qu'au point A, cet angle devient zero. Comme par la génération de la courbe SNN, toute perpendiculaire à la cycloïde CVV, le sera aussi à la courbe SNN ; il suit que les tangentes de cette courbe & de la cycloïde qui répondront aux mêmes perpendiculaires seront paralleles ; que par conséquent les plans inclinés contigus dont la surface de chaque onde sera composée, formeront avec l'horison des angles qui iront en décroissant depuis T jusqu'en E ; celui qui est à la naissance de l'onde étant droit, le dernier au sommet de la même onde se réduira à zero. Mais ayant dit que lorsque la résistance de la roulette sera exprimée par le sinus total, la tangente de l'angle du plan incliné exprimera la puissance ; on voit que lorsque le plan incliné formera un angle droit avec l'horison, sa tangente étant alors infinie, la puissance sera aussi infinie : & qu'au contraire, lorsque cet angle deviendra zero, la puissance se trouvera nulle, parce que le poids dans cet instant sera autrement soutenu par celui de la roue.

Voilà les deux cas extrêmes de la puissance, lorsque le centre de la roulette se trouve aux points C & V, extrémités de la cycloïde, c'est-à-dire au fond & au sommet de l'onde ; il est vrai que comme M. *de la Hire* n'employe qu'une partie XN, de la courbe FT, le fond de l'onde se trouvant exprimé par l'arc de cercle NZP, la résistance que la roulette présente au point N de l'onde n'est pas invincible, mais elle sera toujours beaucoup au-dessus de la pesanteur propre du poids, avec lequel la puissance n'est en équilibre que lorsque le centre de la roulette se trouve à un certain point de la cycloïde CV, éloigné de la base BC, d'une distance égale au rayon du cercle générateur.

Comme l'uniformité de la puissance, sur-tout quand cette puissance est un animal, doit faire une des principales considérations de la perfection des machines, on peut conclure de tout ce que nous venons de dire, que M. *de la Hire*, bien loin d'avoir rectifié la roue de M. *Desargues*, en y appliquant la cycloïde, l'a rendu plus défectueuse que s'il avoit donné aux ondes la simple figure d'un plan incliné ordinaire, un peu arrondi vers les extrémités, pour faciliter à la roulette le passage d'un plan à l'autre, parce qu'alors la puissance agiroit avec autant d'uniformité qu'on en peut desirer dans la pratique, comme on en jugera par l'usage que je vais faire de cette roue, pour mouvoir des pistons dans un cas pareil à celui du Val-Saint-Pierre.

1032. La figure cinquieme repréſente une roue dans le goût de la précédente, avec cette ſeule différence, que les faces AB & CD de chaque onde ſont ſuppoſées droites, n'étant arrondies qu'au ſommet BC & dans le fond DE. A l'égard des roulettes F, leurs écharpes ſont attachées à des balanciers d'une longueur proportionnée à l'intervalle qui conviendra entre la roue & les pompes, pour la commodité de la manœuvre. Selon la diſpoſition de cette roue, il faudra ſe ſervir de pompes renverſées, les piſtons ne pouvant refouler que de bas en haut; je n'entre point dans le détail de ces pompes, perſuadé que ceux qui auront bien entendu le chapitre troiſieme, joint aux lumieres qu'ils tireront du cinquieme, ſeront en état de les faire conſtruire, relativement à la ſituation du terrein. Cependant ſi l'on aimoit mieux que les piſtons refoulaſſent de haut en bas, il ſuffira, comme le montre la figure ſixieme, de faire agir la roue d'un ſens oppoſé au précédent, je lui donnerois même la préférence pour éviter la ſujettion de regler ſa peſanteur ſur celle de la colonne d'eau. Quand les roulettes repoſent naturellement ſur la roue, on a la liberté de faire la partie du balancier qui leur répond auſſi longue que l'on veut, ſans ſe mettre en peine de ſon poids, au lieu que dans la figure cinquieme, il faut néceſſairement que le poids des piſtons l'emporte, pour que les roulettes n'abandonnent jamais la roue; dans ce cas, ſi le bras de levier des piſtons eſt plus court que celui des roulettes, on ne peut ſe diſpenſer de charger l'exrrémité du premier, pour ſuppléer au poids des piſtons, ce qui occaſionne des attirails étrangers qu'il faut tâcher d'éviter. On penſera peut-être qu'il n'y a qu'à faire ce bras plus long que celui des roulettes, & que ſi l'on perd de ce côté-là, on en ſera dédommagé par une plus grande levée de piſton; mais ne pouvant jouir de cet avantage, ſans diminuer leur cercle, à proportion qu'on racourcira le bras de levier des roulettes, on n'en aura pas une plus grande quantité d'eau, & l'on tombera dans l'inconvénient que voici.

Deux manieres de ſe ſervir de la même roue pour faire mouvoir des piſtons.

PLAN. 7. FIG. 5 & 6

Le centre de chaque roulette décrivant un arc en montant le long d'un plan incliné, plus cet arc ſera ſenſible, & plus il y aura d'inégalité dans l'action de la puiſſance, au lieu qu'il ſeroit à ſouhaiter que la direction du bras de levier de la roulette fût toujours horiſontale. Mais tout ce qu'on peut de mieux, eſt de faire qu'il ne s'en écarte que le moins qu'il eſt poſſible; ce qui dépend néceſſairement de deux choſes, l'une de la hauteur du plan incliné, par rapport à ſa baſe, l'autre du rayon de l'arc que décrit le centre de la roulette, parce que plus ce rayon ſera grand, & la

ſaillie des ondes petites, & moins cet arc s'éloignera de la verticale qui en ſera la tangente. Il eſt vrai que quand la longueur des balanciers ſera limitée, & que les piſtons refouleront de haut en bas, ſi leur bras de levier n'eſt pas d'une certaine longueur, leurs tiges tomberont dans le défaut que nous voulons ſauver aux roulettes; mais il eſt aiſé d'y remédier, en obſervant ce que nous avons dit ſur ce ſujet vers la fin de l'article 957. Au reſte, voici le parti le plus convenable.

Après qu'on aura déterminé la poſition des poteaux C, D, de maniere que le cheval en tournant n'en ſoit point incommodé, on connoîtra la longueur qu'on pourra donner à la partie EF des balanciers, & l'on fera l'autre égale aux deux tiers de celle-ci; enſuite on reglera la hauteur des poteaux de maniere que lorſque la roulette I ſera parvenue au ſommet K d'une onde, ſon balancier GH ſoit horiſontal. Alors quand la roulette L ſe trouvera dans le fond N, de l'onde oppoſée, l'angle MLF formé par la verticale ML & la ligne LF, qui joint les centres de mouvement de la roulette & du balancier EF, ſera un peu plus ouvert qu'un droit, ce qui ſera cauſe que la direction LF de la puiſſance, qui eſt cenſée ſoutenir le poids L ſur un plan incliné, ne ſe trouvant point horiſontale, il s'en faudra un peu qu'elle ne ſoit au poids comme la hauteur du plan eſt à ſa baſe. Il eſt vrai que cette puiſſance croîtra tant ſoit peu à meſure que le poids montera; mais comme elle parviendra à peine à avoir avec lui le rapport précédent, on pourra faire le calcul de la machine ſur ce pied-là, ſans être obligé d'entrer dans les recherches abſtraites où jetteroit l'angle MLF, s'il étoit aigu.

Maniere de tracer les ondes de cette roue, pour qu'elles ſoient d'un bon uſage.

A l'égard des plans inclinés qui doivent compoſer les ondes, il eſt conſtant que plus leur baſe excedera leur hauteur, moins les ondes trouveront de réſiſtance de la part des roulettes; mais comme on ne peut augmenter ces baſes ſans donner plus d'étendue à la circonférence dont elles ſont partie, ou ſans éloigner le poids du centre de la roue, qu'on doit regarder comme le point d'appui du levier auquel la puiſſance motrice eſt appliquée, on voit que cette puiſſance n'y gagnera rien; cependant pour fixer un rapport entre la baſe & la hauteur du plan incliné, qui puiſſe s'accorder avec les obſervations précédentes, je voudrois que l'on fit cette baſe double de la hauteur.

PLAN. 7. FIG 9.

Pour tracer les ondes, nous ſuppoſerons que la roulette a 8 pouces de diametre, que ſa levée doit être de 12 pouces, afin que le jeu des piſtons en ait 8, comme au Val-Saint-Pierre. Cela poſé,

on décrira un triangle isoscelle ABC, dont la base AC sera de 48 pouces, & la perpendiculaire BD de 13, afin qu'ayant émoussé l'angle B, la hauteur BD de l'onde que ce triangle représente, soit le quart de la base AC; ensuite on prendra sur cette base prolongée une partie CE de 4 pouces, sur laquelle on tracera le triangle équilatéral CFE, pour décrire du point F & de l'intervalle FC, égal au rayon de la roulette, l'arc CE qui déterminera la figure qu'il faut donner au fond de chaque onde, afin que la roulette y étant logée, elle monte d'une hauteur égale à BD; ce qui ne manquera point d'arriver, parce que l'angle BCF étant un peu plus ouvert qu'un droit, quand cette roulette sera dans le fond de l'onde, elle ne s'appuyera pas sur le plan incliné.

La longueur AE de la base d'une onde, y compris le fond qui sert de logement à la roulette, sera donc de 52 pouces, qui étant multipliés par 5, donnent 260 pouces pour la circonférence de la roue, prise dans le milieu de l'épaisseur des jantes, ce qui répond à un rayon de 3 pieds 6 pouces, auquel ajoutant 4 pouces pour la moitié de l'épaisseur des jantes, le plus grand rayon de la roue sera de 3 pieds 19 pouces.

A l'égard de la construction de cette roue, il faudra la faire à double membrure, comme au rouet des moulins (648), ensuite y attacher les plans inclinés, auxquels on donnera 8 pouces d'épaisseur, & les lier ensemble par une bande de fer d'environ 4 pouces de largeur, attachée sur le contour des ondes, pour servir de chemin à la roulette, dont l'écharpe doit avoir assez de saillie pour que les balanciers ne touchent jamais la roue; la figure huitieme représente la tête d'un balancier, pour faire voir la maniere d'y appliquer la roulette.

Maniere de connoître le rapport de la puissance motrice au poids que la roue éleve.

Pour connoître le rapport de la puissance motrice au poids que les ondes doivent élever, nous nommerons a, le rayon de la roue; b, la longueur du limon; c, la base de chaque plan incliné; d, sa hauteur; p, la puissance; & q, le poids.

Considérant pour un moment la résistance du poids, comme si elle étoit appliquée aux dents d'une roue ordinaire, on aura a, $b :: p$, q, d'où l'on tire $\frac{bp}{a}$ pour l'expression de la puissance qui doit faire monter le poids sur le plan incliné selon une direction horisontale. Ainsi l'on aura c, $d :: \frac{bp}{a}$, q, ou $acq = bdq$, d'où l'on tire p, $q :: ac$, bd; ce qui montre que *la puissance est au poids que les ondes font monter, comme le produit du rayon de la roue, par la hau-*

teur du plan incliné, eſt au produit de la longueur du limon, par la baſe du même plan.

Cette machine n'ayant d'autre frottement que celui qui vient du pivot de la roue & des eſſieux des balanciers & des roulettes, qu'on peut regarder comme nul, vu le peu de réſiſtance qu'ils oppoſeront à la puiſſance, nous n'en tiendrons aucun compte dans le calcul que nous allons faire, pour trouver le diametre des piſtons.

Suppoſant que le limon ait 14 pieds de longueur, & que la force d'un cheval, eſtimée de 180 liv. ſoit totalement employée à ſurmonter la réſiſtance du poids, on aura $a = 3\frac{1}{2}$ pieds; $b = 14$ pieds; $c = 1$ pied; $d = 2$ pieds; $p = 180$ liv. Ainſi, au lieu de *ac*, *bd* :: *p*, *q*, on aura $3\frac{1}{2} \times 1$, 14×2 :: 180 liv. *q*; ou 1, 8 :: 180, *q*; ce qui montre que la puiſſance n'eſt que la huitieme partie du poids, qui ſera par conſéquent de 1440 liv. Or comme dans l'état d'équilibre ce poids doit être à celui de la colonne d'eau, dans la raiſon réciproque des bras du balancier, ou comme 2 eſt à 3; la puiſſance motrice ne ſera donc que la douzieme partie du poids de la colonne que chaque piſton peut refouler, ainſi cette colonne peſera 2160 liv.

Regle commode pour trouver le diametre des piſtons, relativement à la puiſſance motrice, & à la hauteur de la colonne d'eau.

Pour donner aux ouvriers une regle par laquelle ils puiſſent trouver tout d'un coup le diametre des piſtons qui doivent convenir à cette machine, ou à toute autre, relativement à la force du moteur & à l'élévation de l'eau; voici ce qu'il faut ſuivre.

1°. On commencera par connoître le poids de la colonne d'eau que chaque piſton peut refouler, que l'on multipliera par 1728, nombre *conſtant*, pour avoir un premier produit.

2°. On réduira en pouces la hauteur où l'on veut élever l'eau, que l'on multipliera par 55, autre nombre conſtant, pour avoir un ſecond produit.

3°. On diviſera le premier produit par le ſecond, & l'on extraira la racine quarrée du quotient, qui donnera le diametre que l'on cherche.

Par exemple, venant de trouver que la puiſſance pouvoit ſoutenir une colonne d'eau de 2160 liv. je multiplie ce poids par 1728, il vient 3732480; ſuppoſant qu'on veuille élever l'eau à 150 pieds, ou à 1800 pouces, je multiplie ce nombre par 55 pour avoir 99000; faiſant la diviſion, le quotient donnera 37 pouces quarrés & environ $\frac{1}{3}$, dont extrayant la racine il vient 6 pouces une ligne, ou ſeulement 6 pouces, pour le diametre des piſtons.

Comme on ſera peut-être curieux de ſavoir ſur quel principe cette

cette regle eſt fondée, conſidérez que nommant p, le poids de la colonne d'eau, & h, ſa hauteur exprimée en pouces, il faudra dire ſi 70 liv. peſanteur d'un pied cube d'eau, donnent 1728 pouces pour ſa maſſe, combien donnera le poids p, pour la ſienne? Le quatrieme terme ſera exprimé par $\frac{p \times 1728 \text{ pou.}}{70 \text{ liv.}}$ qu'il faut diviſer par h, hauteur de la colonne, pour avoir la ſuperficie de ſa baſe qui ſera $\frac{p \times 1728 \text{ pou.}}{h \times 70 \text{ liv.}}$. Cette baſe étant circulaire, on aura le quarré de ſon diametre, en diſant comme 11 eſt à 14, ainſi $\frac{p \times 1728}{h \times 70 \text{ liv.}}$ eſt à un quatrieme terme, qui eſt $\frac{p \times 1728 \times 14}{h \times 11 \times 70}$; mais $\frac{14}{70}$ ſe réduiſant à $\frac{1}{5}$, on aura donc $\frac{\sqrt{p \times 1728}}{h \times 55}$ pour le diametre des piſtons.

Calcul de la quantité d'eau que cette machine peut donner par heure.

Voulant connoître le produit de cette machine, je conſidere que le cheval pourra faire aiſément 120 tours par heure, & qu'à chaque tour les deux piſtons enſemble refoulant dix fois, ſur une levée de huit pouces, feront monter au réſervoir 1200 colonnes d'eau de 6 pouces de diametre, ſur 8 pouces de hauteur, qui contiennent enſemble 5500 pintes, ou environ 19 muids & demi.

De quelque maniere que l'on s'y prenne, je doute que l'on puiſſe parvenir à faire une machine qui éleve avec la force moyenne d'un cheval une plus grande quantité d'eau à une hauteur de 150 pieds; ce qui vient de ce que les bras de levier étant bien ménagés & les corps de pompes ſuppoſés ſans défaut, la force du moteur eſt totalement employée à ſurmonter le poids de l'eau.

Quant à la dépenſe qui regarde l'exécution de cette machine, il faut convenir qu'elle ne peut être conſidérable, puiſqu'il ne s'agit que d'une ſimple roue, de deux corps de pompes, des tuyaux montans, & d'un couvert pour la renfermer; auſſi lui donnai-je la préférence ſur celle du Val-Saint-Pierre. C'eſt pourquoi je me ſuis fait un plaiſir de ne rien omettre de tout ce qui pouvoit en faciliter l'uſage, perſuadé que dans un grand nombre d'occaſions, elle conviendra mieux que toutes celles qui ont été imaginées juſqu'ici, par la facilité de ſe ſervir de l'une ou de l'autre des roues ſelon la ſituation du terrein; par exemple, ſi l'on vouloit tirer de l'eau d'un puits fort profond, on le pourroit encore en ſe ſervant de pompes aſpirantes répétées de 25 pieds en 25 pieds.

Les deux roulettes étant éloignées l'une de l'autre d'une diſtance d'environ 7 pieds, on penſera peut-être que c'eſt une ſujettion fâ-

cheuſe d'être obligé de mettre le même intervalle entre les corps de pompes, mais comme on peut ſe diſpenſer de placer les balanciers parallelement, on pourra, quand la néceſſité y contraindra, approcher les extrémités qui répondent aux piſtons, pour n'éloigner les corps de pompes que de 2 ou 3 pieds, afin de racorder plus aiſément leurs branches, à un même tuyau de conduite. Alors ſi les balanciers ont environ 30 pieds de longueur, les roulettes n'en chemineront pas moins aiſément ſur les ondes, quoique leurs directions ne ſoient pas tout-à-fait perpendiculaires au diametre de la roue.

Deſcription & analyſe de la machine appliquée au Pont-Neuf, à Paris.

La machine hydraulique, que l'on nomme communément *la Samaritaine*, parce que l'on y voit jaillir une nappe d'eau, qui eſt accompagnée du Seigneur & de la Samaritaine, repréſentés en bronze, fournit de l'eau de la riviere de Seine au Louvre, au jardin des Tuilleries, & au Palais Royal. Cette machine appartient au Roi, & peut paſſer pour une des plus ſimples en ce genre. Comme le bâtiment où elle eſt renfermée eſt parfaitement bien entendu, je vais commencer par en faire une courte deſcription, qui étant accompagnée des plans, profils & élévations, ſuffira pour en donner une idée aſſez juſte.

Cet édifice répond à la ſeconde arche du Pont-Neuf, du côté du nord, & au parapet qui regarde le couchant, ſituation beaucoup plus convenable que du côté oppoſé, parce que la riviere venant du levant, ſon paſſage ſe trouve retréci par les piles du pont, ce qui la fait gonfler, & lui donne plus de force pour faire tourner la roue qui fait agir les pompes; cet exemple montre que quand on veut appuyer une machine contre un pont, il faut toujours la conſtruire du côté d'aval.

Explication des plans, profils & élévations de cette machine.

PLAN. 8. FIG. 1, 2 & 3.

1033. Si l'on conſidere la planche huitieme, on y verra que la premiere figure exprime l'élévation du bâtiment, la roue, les corps de pompes, vus du côté du couchant, ou du Pont Royal; que la ſeconde figure eſt une élévation de la face du côté du midi, ou du Fauxbourg Saint Germain, & que la troiſieme repréſente celle qui regarde le Pont-Neuf. A l'égard de l'intérieur du même édifice, on en pourra juger par la quatrieme figure, & mieux encore après qu'on aura ſuivi l'explication des différens plans qui lui ſont relatifs.

1034. La cinquieme figure eſt un plan qui repréſente l'aſſemblage des différentes pieces de charpente ſervant de baſe à l'édifice. On a commencé par planter deux files de pieux, qui regnent de chaque côté ſous les *chapeaux* AB dont ils ſont recouverts ; ſur ces chapeaux ſont attachés des *liernes* CD ſervant auſſi à enclaver deux autres files de pieux E, beaucoup plus élevés que les précédens, liés par quatre cours de *moiſes* FG, qu'on ne peut bien diſtinguer que dans les trois premieres figures, où l'on remarquera que ces moiſes ſont entretenues par les *clefs* HI. PLAN. 9.

1035. Pour rétrécir le paſſage de l'eau qui coule ſous l'arche occupée par la machine, on a fait de chaque côté un coffre de charpente rempli de maçonnerie, afin que les eaux étant ſoutenues par les bords KLM, quand la riviere eſt baſſe, ſe réuniſſent à la rencontre de la roue Q ; pour ménager le courant, on a planté deux poteaux N, ſervant de couliſſe à une *vanne* T, que l'on manœuvre à l'aide d'un cric.

1036. A l'égard de la roue Q, ſon eſſieu repoſe ſur deux *chevets* P, encaſtrés dans deux poteaux à couliſſe O, ſervant à les diriger, quand on veut baiſſer ou hauſſer la roue pour l'aſſujettir à la hauteur de l'eau.

1037. Aux extrémités de l'eſſieu, il y a des manivelles doubles, qui répondent à des *vannes* ou *jumelles*, ſervant à donner le mouvement aux pompes placées en V, où elles ſont entretenues par un aſſemblage de quatre poteaux R, liés enſemble, & accompagnés de deux autres à couliſſe Z, le long deſquels peut jouer le chaſſis qui porte les pompes, afin de pouvoir les retirer de l'eau quand il y a quelques réparations à y faire ; parce que ces chaſſis ſoutiennent des entretoiſes S, qui embraſſent les corps des pompe, comme on peut le remarquer dans la premiere figure, en ſuivant les lettres précédentes.

Les figures 6 & 7 repréſentent deux planchers formant deux eſpeces de galeries, pratiquées à la hauteur des nombres 6 & 7, marqués aux profils & élévations, pour faciliter le travail qui regarde la machine. PLAN. 10.

1038. La huitieme figure exprime l'étage où ſont placés les *balanciers* qui communiquent le mouvement aux piſtons, les crics ſervant à lever & baiſſer la roue & la vanne, placés en A & en B du plan & du profil.

La neuvieme figure exprime la diſtribution du logement du gouverneur de la machine, pris au rez-de-chauſſée, comme on en peut juger par le pont de bois qui y répond.

PLAN. 10. 1039. La dixieme figure, celle de l'étage qui eſt au-deſſus; & enfin la onzieme, le grenier où les tuyaux montans des pompes aboutiſſent aux endroits A & B, où ils dégorgent l'eau, qui eſt conduite par le canal CD dans la cuvette D, & de-là à l'endroit E, d'où elle ſe décharge dans la coquille qui eſt au-deſſous du cadran, repréſenté à l'endroit F de la planche précédente, & qui fait jouer un carillon qui couronne agréablement cette façade.

Détail des principales parties qui entrent dans le méchaniſme de la même machine.

1040. Pour entrer dans le détail des principales parties de la machine, nous commencerons par les crics développés dans les figures 12, 15 & 16, où l'on voit qu'ils ſont compoſés d'un volant à quatre bras de levier AB, dont l'eſſieu eſt accompagné d'un *pignon* C (fig. 16) s'engrainant avec une roue D, qui a auſſi un pignon E répondant aux *coches* du *cric* F; ainſi on jugera aiſément que le volant venant à tourner, la roue D doit auſſi tourner & faire monter le cric.

PLAN. 11.

La figure douzieme repréſente deux crics, dont les *futs* ſont attachés ſur une *ſemelle* Q, pour concourir au même objet; cette ſemelle repoſe ſur le plancher S, qui eſt ſoutenu en cet endroit par des *encheveſtrures* R, enclavées dans les poutres T (fig. 15).

1041. Comme les crics qui ſervent à lever la roue agiſſent de même que ceux qui levent la vanne, les uns & les autres étant ſemblablement diſpoſés, la même explication leur deviendra commune. Ainſi nous ſuppoſerons que la piece GH, qui traverſe le plancher S, repréſente l'*éguille* ou *fleche* de la vanne que l'on voit percée de pluſieurs trous, pour y paſſer les *clefs* de fer L, M, diſtinctement marqués dans les figures 12, 15, où l'on voit auſſi que la fleche GH eſt embraſſée par deux *priſons* N, O, qui ſoutiennent la premiere clef L, à l'aide du ſupport P, contre lequel s'appuyent les crics F, lorſqu'ils élevent la vanne. Alors quand ils ſont parvenus à leur plus haut point, on ſe ſert de l'autre clef M, pour arrêter la vanne ſur la ſemelle Q; lorſqu'elle ne ſe rencontre point à une hauteur ſuffiſante pour y reſter à demeure, on baiſſe les crics, pour placer plus bas la clef L, en faiſant deſcendre les priſons, afin de recommencer la même manœuvre autant de fois qu'on le juge néceſſaire.

PLAN. 11. 1042. Les corps de pompe ſont au nombre de quatre, partagés en deux équipages, dont chacun eſt repréſenté par les figures 17, 18, 19, qui montrent que les deux pompes V & leur *fourche* ſont entretenues par les *entretoiſes* S, attachées par des boulons à un chaſſis, dont Y repréſente les *montans*, qui peuvent gliſſer contre les couliſſes Z, embraſſées par les extrémités des entre-

toises, comme cela se distingue parfaitement dans la figure dix-neuvieme, où l'on voit que ces entretoises sont échancrées aux endroits B, pour laisser aux tringles C du chassis FE, qui porte le piston D, la liberté d'agir.

1043. Ces chassis sont suspendus par des tringles de fer GF, à l'une des extrémités des balanciers N, & à l'autre sont de semblables tringles GP, attachées à des rames qui répondent aux manivelles (1038), lesquelles venant à tourner, font jouer les pistons alternativement dans l'ordre que nous dirons plus bas. FIG. 13 & 14.

Les tourillons K de ces balanciers sont portés par des *chevalets* ML, posés sur le plancher AB, fortifié en cet endroit par les *enchevestrures* C, enclavées dans deux poutres, comme à la figure quinzieme.

On a du remarquer dans la figure premiere (1033), que les corps de pompe étoient entierement plongés dans la riviere, & que c'étoit afin de pouvoir les retirer quand il faut les réparer ou les descendre, lorsque la riviere est fort basse, qu'on les a attachés à un chassis qu'on leve & baisse à l'aide des cabestans qui en facilitent la manœuvre, dont on auroit pu se dispenser, en suivant la disposition représentée par les figures 20 & 21, où l'on voit que les pompes refoulantes trempent dans une *basche* EFGH, qu'on suppose élevée sur le plancher AB, représenté par la figure septieme. Au fond de cette basche sont des pompes *aspirantes* I, renfermées avec leur tuyau dans une caisse KL, pour les garantir du choc des corps étrangers que la riviere charie quelquefois, & principalement des glaces. PLAN. 12.

Explications des pieces qui servent à élever & à baisser la roue.

1044. Pour juger des pieces qui servent à élever la roue, considerez les figures 22 & 23, où l'on remarquera d'abord la fleche S, percée par le haut comme l'éguille de la vanne, afin de pouvoir être élevée de même par le moyen des crics (1041): cette fleche est accompagnée de deux *tirans* de fer *f*, attachés avec des boulons *m* percés par le bas, pour y passer les clavettes *n*, servant à soutenir les *patins* P, qui composent le *chevet* sur lequel repose l'essieu de la roue, dont les *rais* sont figurés par la lettre *p*.

Ces patins sont liés ensemble par quatre boulons *l*, & deux autres *q*, dont les premiers servent d'appuis aux tirans *f*; pour que le chevet suive toujours la même direction, lorsqu'on fait monter ou descendre la roue, ses extrémités agissent le long de deux coulisses *r*, qui font partie des *poteaux* O.

A l'égard des pieces T, elles n'ont nul rapport avec les précédentes; ce sont les bouts des rames (1038) qui répondent aux ba-

lanciers & à la manivelle CD, dont les coudes se trouvent embrassés par des coliers K, le rectangle AD représentant le profil de la manivelle, pris le long de la *branche*, qui détermine l'intervalle d'un coude à l'autre, comme on en peut juger par les mêmes lettres marquées aux figures 4 & 5.

PLAN. 12. FIG. 22 & 23.

1045. Le bout des manivelles, qui est enfoncé dans l'arbre de la roue, où il est retenu par un boulon *hs*, sert d'essieu à un cylindre *g* de 5 pouces de rayon, dont la surface est couverte d'un nombre de lames de cuivre, arrondies comme les fuseaux d'une lanterne, retenues par les extrémités avec des *frettes*. Ce cylindre, qui tient lieu de tourillon, joue sur un palier encastré dans le patin PQ seulement, l'autre qui se trouve du côté de la roue ne la touchant point, étant un peu évuidé dans le milieu.

Voilà qui suffit, ce me semble, pour avoir une idée générale de cette machine; il ne reste plus, pour en faciliter le calcul, que de donner les mesures des parties qui doivent y entrer, afin de faire naître des exemples de la maniere d'appliquer les principes aux différens cas qui se présentent.

Dimensions des principales partie de la machine.

1046. Le rayon de la roue, pris jusqu'au centre d'impression des aubes, est de 8 pieds ou de 96 pouces, ce qui répond à une circonférence de $50\frac{2}{7}$ pieds.

1047. Les *aubes* ont 18 pieds de longueur, sur 4 de hauteur, ce qui donne 72 pieds quarrés de superficie.

1048. Le *coude* des manivelles est de 21 pouces.

1049. Les *balanciers* ont 20 pieds de longueur, partagée de façon par les tourillons, que la partie qui répond à la manivelle fait un bras de levier de 10 pieds 9 pouces, & celle qui répond aux pompes, un autre de 9 pieds 7 pouces.

1050. Le *diametre des pistons*, ou celui des corps de pompe, est de 9 pouces; celui des *fourches* & du tuyau *montant* n'est que de 6.

Vîtesse de la roue lorsque la riviere est dans son état moyen.

1051. La *relevée* des pistons est de trois pieds, & refoule une colonne d'eau de 72 pieds de hauteur.

1052. Quand la riviere est dans son état moyen, la roue fait 28 tours en 10 minutes; alors la vîtesse du centre d'impression des aubes est de 2 pieds 7 pouces 6 lignes par seconde.

Le bord inférieur de la vanne trempe ordinairement de 2 ou 3 pouces dans l'eau, ce qui contribue à donner plus de vîtesse à celle qui passe dessous pour venir frapper les aubes, que si cette vanne étoit entierement levée; on a soin de baisser assez la roue, pour que les aubes ne soient point couvertes par la vanne.

Vîtesse de

1053. M'étant servi de l'instrument de M. *Pitot* (614) pour

meſurer la vîteſſe de l'eau qui paſſoit ſous la vanne, lorſque la roue faiſoit 28 tours en 10 minutes, j'ai trouvé qu'elle étoit de 6 pieds & environ 2 pouces par ſeconde. *la riviere dans ſon état moyen.*

1054. Pour faire enſorte que la puiſſance agiſſe avec le plus d'uniformité qu'il eſt poſſible, les manivelles ſont diſpoſées de façon que ſi leurs coudes étoient tracés dans un même plan *vertical*, ils diviſeroient en quatre parties égales la circonférence du cercle qu'ils décrivent. Ainſi ces deux manivelles peuvent être conſidérées comme n'en faiſant qu'une ſeule à quatre coudes, tels que nous l'avons expliqué dans l'article 115; paa conſéquent il faudra pour avoir le bras de levier moyen, ſuivre ce qui a été enſeigné dans l'article 116, en diſant comme 7 eſt à 9, ainſi le coude de la manivelle de 21 pouces (1048) eſt au bras de levier moyen, qu'on trouvera de 27 pouces. On pourra ſuppoſer, dans le calcul de la machine, qu'elle n'eſt compoſée que d'un ſeul corps de pompe, dont le piſton refoule ſans interruption; alors la machine ſe trouvera compoſée de 4 bras de levier dont les longueurs étant priſes de ſuite donnent ce qui ſuit.

Rayon de la roue 96 pouces (1046).

Coude ou bras de levier moyen de la manivelle, 27 pouces (1054).

Bras du balancier qui répond à la manivelle, 129 pouces (1049).

Bras du balancier qui répond aux piſtons, 115 pouces (1049).

1055. Si l'on ſe rappelle ce qui a été dit dans l'article 74, on verra que dans cette machine le poids ſera à la puiſſance, comme 96×129 eſt à 27×115, ou à-peu-près comme 4 eſt à 1. *Calcul pour trouver la force de la puiſſance qui fait agir cette machine.*

Comme le poids dont nous parlons eſt réduit à celui d'une colonne d'eau de 9 pouces de diametre (1050), ſur 72 pieds de hauteur (1051), il ſera d'environ 2228 liv. dont le quart donne 557 liv. pour la puiſſance appliquée à la roue, en faiſant abſtraction des frottemens, qui n'ont ici lieu qu'aux tourillons de la roue & à ceux des balanciers. Cependant on va voir que cette puiſſance eſt beaucoup au-deſſus de celle que nous venons d'eſtimer, ce qui vient moins des obſtacles cauſés par le frottement, que de la mauvaiſe conſtruction des corps de pompes, qui ont 9 pouces de diametre, tandis que celui des fourches & du tuyau montant n'eſt que de 6 pouces (1050), ce qui rétrécit le paſſage de l'eau, eu égard au cercle des piſtons, dans le rapport de 4 à 9, & même dans celui de 1 à 4, à cauſe des ſoupapes qui ſont à coquilles, inconvéniens dont j'ai fait ſentir les conſéquences dans les articles 902, 903 & 963, 964, 965; on en va voir l'application d'une maniere bien ſenſible.

1056. La vîteſſe du courant s'étant trouvée de 6 pieds 2 pouces par ſeconde (1053), & celle de la roue de 2 pieds 7 pouces 6 lignes, lorſque j'ai fait mes obſervations (1052), ſouſtrayant cette derniere de l'autre, on trouvera 3 pieds 6 pouces 6 lignes, pour la vîteſſe reſpective du courant qui frappoit les aubes, dont le choc ſur une ſurface d'un pied quarré eſt de $14\frac{2}{3}$ liv. comme on en peut juger par la table troiſieme rapportée dans le premier volume, pag. 258. Multipliant $14\frac{2}{3}$ liv. par 72 pieds quarrés, ſuperficie des aubes (1047), il viendra 1056 liv. pour le choc de l'eau qui agiſſoit ſur la roue (585) tandis qu'une puiſſance de 557 liv. devroit ce ſemble ſuffire pour cela (1056); ce qui fait une différence de près de 500 liv. pour ſurmonter les obſtacles étrangers au poids.

Examen de la vîteſſe que devroit avoir la roue, eu égard à la peſanteur du poids qu'elle éleve.

1057. Si les pompes étoient rectifiées, & qu'on ſupprimât les ſoupapes à coquilles, pour que les piſtons puſſent refouler l'eau ſans obſtacle, il n'y a point à douter que la roue ne fit plus de 28 tours en 10 minutes (1052); car plus l'on emprunte de la force reſpective du courant pour ſurmonter la réſiſtance qui lui eſt oppoſée, & moins la roue a de vîteſſe.

Pour en juger, cherchons quelle ſeroit la vîteſſe reſpective de la riviere, pour être capable d'une impreſſion de 557 liv. Il faut diviſer 557 liv. par 72 pieds, ſuperficie des aubes, on trouvera $7\frac{3}{4}$ liv. pour la force reſpective du courant ſur une ſurface d'un pied quarré, qui répond dans la troiſieme table, page 258, à une vîteſſe de 2 pieds 7 pouces, laquelle étant ſouſtraite de 6 pieds 2 pouces, vîteſſe entiere du courant, il reſte 3 pieds 7 pouces pour la vîteſſe de la roue par ſeconde, au lieu de 2 pieds 7 pouces 6 lignes; ce qui donne 2150 pieds en 10 minutes. Or ce nombre étant diviſé par $50\frac{2}{7}$ pieds, circonférence de la roue (1046), il vient 43 pour le nombre des tours que la roue fera en 10 minutes; par conſéquent le produit de la machine dans ſon état actuel, ſera au produit dont elle ſeroit capable ſi elle étoit rectifiée, comme 28 eſt à 43.

Cette machine ne fournit point, à beaucoup près, la quantité d'eau qu'elle devroit produire.

1058. Les manivelles faiſant 28 tours en 10 minutes, chaque piſton fera le même nombre de relevées, & les quatre enſemble 112, qui étant multipliés par 3 pieds, jeu du piſton (1051), donne 336 pieds pour la hauteur de la colonne d'eau que les quatre piſtons feront monter enſemble en 10 minutes; cette colonne ayant pour baſe un cercle de 9 pouces de diametre (1050), ſon poids ſera de 10395 liv. ce qui revient à 1039 liv. d'eau par minute, ou à $37\frac{1}{9}$ pouces (342). On peut donc dire, comme 28 eſt à 43, ainſi $37\frac{1}{9}$ pouces eſt à un quatrieme terme, qu'on trouvera de $56\frac{8}{9}$ pouces,

ces, pour la quantité d'eau que la machine donneroit par minute si elle étoit rectifiée ; ce qui monte à une différence d'environ 57 muids par heure (341).

1059. Cette machine ne pouvant être capable du plus grand effet, que lorsque la vîteſſe de la roue ſera le tiers de celle du courant (588), il ne ſuffiroit pas pour la rendre parfaite d'en rectifier le corps de pompe, leur laiſſant le même diametre, parce qu'alors la vîteſſe de la roue ſe trouveroit de 3 pieds 7 pouces par ſeconde (1057), qui eſt plus que la moitié de celle du courant.

Maniere de trouver le diametre des piſtons qui pourroient convenir à cette machine ſi elle étoit rectifiée.

Pour continuer l'application des principes, afin d'en rendre l'uſage familier, cherchons quel diametre devroient avoir les corps de pompe, en conſervant toutes les autres parties de la machine dans le même état où nous les avons expoſées : ce n'eſt pas qu'elle ſoit exempte de défaut, la roue ſe trouvant ſuſceptible d'une correction importante, dont je ferai mention par la ſuite.

Lorſque la vîteſſe de la roue ſera le tiers de celle du courant, la vîteſſe reſpective du même courant ſe trouvera de 4 pieds 1 pouce 4 lignes (1053), dont le choc ſur une ſurface d'un pied quarré répond à 20 liv. dans la troiſieme table, qui étant multiplié par 72 pieds, ſuperficie des aubes (1047), donne 1440 livres pour la puiſſance, qu'il faut quadrupler, parce que le rapport de cette puiſſance au poids, a été trouvé d'un à quatre (1055) ; il viendra 5760 livres pour le poids de la colonne d'eau que cette puiſſance pourra élever, dont la hauteur devant être de 72 pieds (1051), il ne s'agit plus que d'avoir ſon diametre. Pour cela il n'y a qu'à multiplier 55 livres, peſanteur d'un pied cylindrique d'eau, par une colonne d'eau de même hauteur que celle dont nous parlons ; & comme elles ſont l'une à l'autre dans la raiſon des quarrés de leur diametre, on dira, comme 3960 liv. eſt à 5760 livres, ainſi 144 eſt à un quatrieme terme, qu'on trouvera de $209\frac{5}{11}$ pouces, dont la racine donne 14 pouces 5 lignes pour le diametre des piſtons.

1060. Le produit de la machine dans ſon état actuel, étant à celui dont elle ſeroit capable, ſi elle étoit parfaite, dans la raiſon compoſée des quarrés des diametres des piſtons, & de la vîteſſe de la roue ; dans ces deux cas, on aura ſon produit pour le dernier, en diſant comme 81 pieds × 2 pieds 7 pouces 6 lignes eſt à 209 × 2 pieds 8 lignes, ou comme 213 eſt à 429 ; ainſi $37\frac{1}{9}$ pouces, eſt à un quatrieme terme, qu'on trouvera de 74 pouces d'eau, qui eſt la quantité que la machine fournira par minute, lorſqu'elle ſera parfaite.

Si cette machine étoit rectifiée elle pourroit élever le double de l'eau qu'elle fournit dans ſon état actuel.

Comme des piſtons qui auroient 14 pouces 5 lignes de diametre,

ſeroient peut-être peu commodes dans l'uſage ; on pourroit, au lieu de quatre corps de pompes, en faire manœuvrer 6 de 11 pouces 9 lignes de diametre, qui produiroient enſemble la même quantité d'eau ; mais je ne m'arrête point à cette conſidération, puiſqu'il ne s'agit ici que d'examiner de quel effet cette machine auroit pu être capable, ſi les corps de pompe avoient été conſtruits dans le goût de ceux que j'ai fait faire pour la machine du Pont Notre-Dame, & dont on trouvera les développemens dans le chapitre ſuivant.

La roue de la Samaritaine eſt très-défectueuſe; il faudroit pour la corriger qu'elle n'eut que ſix aubes, au lieu de huit.

1061. Nous avons ſuppoſé juſqu'ici que la roue étoit ſans défaut, c'eſt-à-dire, que le nombre des aubes étoit proportionné à leur largeur & au rayon ; c'eſt ce qui ne ſe rencontre point, cette roue ayant 8 aubes, au lieu que pour bien faire elle n'en devroit avoir que 7, ſelon l'article 675. Alors, quand la roue aura la même vîteſſe, l'action de l'eau dans le premier cas ſera à ſon action dans le ſecond, à-peu-près comme 3 eſt à 4, parce qu'à une roue de 10 pieds de rayon qui a 8 aubes de 4 pieds de largeur, lorſque chacune ſe trouve verticale, elle n'eſt choquée par le courant que ſur les $\frac{3}{4}$ de ſa largeur : le reſte ſe trouvant couvert par l'aube qui la ſuit immédiatement. Ainſi, l'on voit qu'il ne faut gueres compter que ſur les $\frac{3}{4}$ de la puiſſance, que nous avons dit (1056) qui agiſſoit actuellement pour faire monter l'eau ; par conſéquent le défaut de cette machine ne doit point être entierement attribué à la mauvaiſe façon des pompes.

1062. Que ſi au lieu de 7 aubes on n'en employoit que 6 chacune de 5 pieds de largeur, il arriveroit que ſe trouvant verticale & entierement plongée dans l'eau, celle qui la ſuivra immédiatement ne la couvrira point, parce qu'elle ſe trouvera à fleur d'eau ; ſon niveau diviſera le rayon de la roue en deux également, comme il eſt aiſé de s'en convaincre. Alors le courant, au lieu d'agir ſur une ſurface de 4 pieds de largeur, comme nous l'avons ſuppoſé dans les calculs précédens, en frappera une de 5, & la puiſſance ſe trouvera augmentée d'un quart en ſus, ou de 360 livres ; ce qui eſt une force plus que ſuffiſante pour ſurmonter le frottement dont la machine peut être ſuſceptible, dans le cas du plus grand effet, comme on en va juger ; alors elle donnera au moins 74 pouces d'eau, c'eſt-à-dire, le double de ce qu'elle produit actuellement, en ſuppoſant que la vîteſſe du courant ſera toujours de 6 pieds 2 pouces par ſeconde (1053).

Calcul des frottemens de cette machine.

1063. Pour calculer le frottement de cette machine, je conſidere que la réſiſtance qui vient de cette part, dépend de la pe-

ſanteur des parties qui frottent & de la longueur des bras de levier. Ayant cherché la ſolidité d'un balancier, je l'ai trouvé de 20 pieds cubes, qui étant multipliés par 60 livres (650), donnent 1200 livres; comme les ferrures qui y ſont appliquées peſent environ 560 livres, chaque balancier peſera donc 1760 livres.

Les tringles & le chaſſis de fer qui portent chaque piſton, peuvent peſer 500 livres, & chaque rame avec ſes ferrures 360 livres; ainſi les paliers qui portent les tourillons d'un balancier ſe trouvent chargés de 2620 livres, ſeulement de la part des attirails.

Quoique le bras de levier de la puiſſance qui répond aux manivelles, ſoit un peu plus grand que celui qui répond au poids (1049), nous ne laiſſerons pas, pour la facilité du calcul, de ſuppoſer que les tourillons qui ſervent de point d'appui ſont dans le milieu des balanciers. Alors chaque extrémité pourra être conſidérée comme étant chargée d'un poids de 2228 livres (1055), qui font enſemble 4456 livres, leſquelles étant ajoutées au précédent, donnent 7076 livres pour la charge d'un balancier. Comme il y en a toujours deux qui manœuvrent en même tems en pleine force, doublant ce nombre, on aura 14152 livres, dont la moitié eſt 7076 livres, qu'il faut multiplier par 1 pouce, rayon des tourillons (1054), & diviſer le produit par le bras de levier qui répond à la manivelle (1054), qui eſt de 129 pouces; il viendra environ 55 livres pour le frottement des tourillons réduits à la manivelle (249), qu'il faut multiplier par le coude de la même manivelle, & diviſer le produit par le rayon de la roue, juſqu'au centre d'impreſſion des aubes, pour avoir $\frac{21 \text{ pou.} \times 55 \text{ livres}}{90}$; ce qui donne 13 livres pour la puiſſance qui ſurmonte le frottement des balanciers.

1064. Ayant auſſi eſtimé le poids de la charpente & des ferrures qui compoſent la roue, avec celui des manivelles, qui ſont de fonte, j'ai trouvé que le tout enſemble peſoit 12400 liv. ſur quoi il eſt important de remarquer que les deux colonnes d'eau que la roue fait monter ſans ceſſe, loin de charger les paliers, les ſoulagent. En effet la réſiſtance qu'elles oppoſent, agiſſant de haut en bas, tend à attirer les manivelles de bas en haut, & les attireroit en effet, ſi la roue étoit d'un poids inférieur aux mêmes colonnes. Voilà donc deux puiſſances qui agiſſent ſelon des directions oppoſées, c'eſt pourquoi il faut retrancher de 12400 livres, le double de 2228 livres (1055), il reſtera 7944 livres pour la charge relative des paliers de la roue, dont la moitié donne 3972 livres, qui étant multipliées par 5 pouces, rayon des tourillons (1045), & le pro-

duit diviſé par 96 (1046), il vient 206 $\frac{7}{8}$ livres, à quoi ajoutant 13 livres, que l'on a trouvé en premier lieu, on aura 219 $\frac{7}{8}$ liv. pour la puiſſance capable de ſurmonter tous les frottemens, excepté celui des piſtons, auquel je n'ai point égard, pour les raiſons rapportées dans l'article 227. Comme nous avons 360 livres de force deſtinée pour cet uſage, on voit qu'il en reſte une de 130 livres, qui contribuera à donner à la roue une vîteſſe qui ſera un peu au-deſſus du tiers de celle du courant; que ſi l'on ajoute 219 $\frac{7}{8}$ liv. à 1440 livres, on aura 1659 $\frac{7}{8}$ liv. pour la puiſſance qui ſurmonte le poids & le frottement.

Tous les calculs précédens, étant fondés ſur des principes inconteſtables, il ſemble qu'en faiſant les corps de pompes de 14 pouces 5 lignes de diametre, la machine doit néceſſairement produire 74 pouces d'eau par minute, lorſque la riviere aura 6 pieds 2 pouces de vîteſſe par ſeconde; d'autant mieux qu'après avoir eu égard à toutes les réſiſtances que la puiſſance aura à ſurmonter, il lui reſtera encore 130 livres de force; cependant nous allons faire voir que le produit deviendroit beaucoup moindre, ſi l'on ne corrigeoit pas un défaut auquel les Machiniſtes n'ont pas coutume d'avoir égard, faute d'en connoître la conſéquence.

Examen des variations de la force reſpective d'un courant ſur la roue.

1065. Quand nous avons calculé l'action de l'eau contre les aubes, nous avons ſuppoſé, comme on fait ordinairement, qu'elles étoient toujours frappées en plein, ſelon une direction perpendiculaire, mais c'eſt ce qui ne peut arriver que par intervalle, comme on l'a inſinué dans l'article 676. Car lorſque l'angle BAI que forment les rayons AB, AI, ſe trouve diviſé en deux également par la verticale AK, & que le niveau de l'eau paſſe par le point H, milieu du rayon AC, la premiere aube FB ne trempe dans l'eau que ſur la hauteur DB, oblique au courant. Or ſi dans cette ſituation l'impulſion du courant ſe trouve inférieure à la puiſſance ſur laquelle on avoit compté, il arrivera que par intervalle la roue aura une vîteſſe moindre que celle du tiers du courant, ce qui ne pourra manquer d'en retarder l'effet, comme on en va juger.

Voyez ſur la planche onzieme la figure déſignée par la lettre X.

Le triangle ABI étant équilatéral, le quarré de la perpendiculaire AK ſera les $\frac{3}{4}$ de celui du côté AB, que nous ſuppoſerons diviſé en mille parties égales; alors on trouvera que la perpendiculaire en contient 866, de laquelle retranchant la partie AH de 500, puiſqu'elle eſt égale à la moitié du rayon, reſte 366, pour la partie HK = DE, les triangles ſemblables DBE, BAK, donnant AK (866), AB (1000) :: DE (366), DB = 422.

Si l'aube FB étoit dans la ſituation verticale HC, le choc qu'elle recevroit ſeroit à celui que peut recevoir la ſurface DE de même baſe, comme HC eſt à DE; on aura donc comme CH (500) eſt à DE (366), ainſi 1800 livres eſt à un quatrieme terme, qu'on trouvera de 1317. Mais on a vu dans l'article 583 que l'impreſſion d'un courant contre une ſurface DE, eſt à ſon impreſſion contre une autre inclinée DB, comme DB eſt à DE, ou comme AB eſt à AK; on aura donc, comme AB (100), eſt à AK (866), ainſi 1317 eſt à un quatrieme terme, qu'on trouvera de 1140 livres, pour l'action du courant, lorſque la roue ſe rencontre dans la ſituation la plus déſavantageuſe, au lieu de 1800 livres, qui répond à la ſituation oppoſée. Que ſi l'on compare ces deux actions, on trouvera qu'elles peuvent être exprimées par $\frac{19}{30}$; on voit par-là que le courant, pour agir ſur la partie BD avec $1659\frac{7}{8}$ de force, doit avoir une vîteſſe reſpective plus grande que les deux tiers de la vîteſſe totale, que par conſéquent la vîteſſe de l'aube FB ſera moindre que le tiers de celle du courant, mais qu'elle ira toujours en croiſſant, juſqu'à ſon arrivée dans la verticale AC.

1066. On peut remédier en partie à cet inconvénient, en deſcendant la roue, enſorte que les bords ſupérieurs F & G des aubes, dans le cas le plus déſavantageux, répondent au niveau OP de l'eau; alors on ne perdra plus que de la part de l'obliquité du courant, dont voici le déchet. *Rapport de la force du courant dans les deux cas extrêmes.*

Nous ſuppoſerons que la ligne RD exprime la vîteſſe reſpective du courant, qu'on a abaiſſé RS perpendiculaire ſur FB, & qu'on a mené FQ parallele à AK; nommant FB ou HC, *a*; FQ, *b*; RD, *m*; RS, *n*, alors on aura *mma* pour la force reſpective du courant contre l'aube FB, quand elle ſe trouvera dans la ſituation verticale HC, & *nna*, quand elle ſera dans la ſituation la plus déſavantageuſe. Mais comme les triangles ſemblables RSD, & FQB, donnent RD (*m*), RS (*n*) :: FB (*a*), FQ (*b*), ou *mm*, *nn* :: *aa*, *bb*; ſi l'on multiplie les termes de cette proportion par *a*, on aura *mma*, *nna* :: *aaa*, *bba*, ou *mma*, *nna* :: *aa*, *bb*, ce qui montre que le choc de l'eau contre l'aube verticale, eſt à ſon impulſion contre l'aube oblique, comme le quarré de FB eſt au quarré de FQ; mais comme le dernier eſt les $\frac{3}{4}$ du précédent, il ſuit que le choc dans les deux cas extrêmes, ſera comme 4 eſt à 3, par conſéquent l'impreſſion de l'eau dans le cas le plus déſavantageux ſera de 1350 livres, qui eſt encore inférieure à la puiſſance de 1670 livres (1064).

1067. Les analogies précédentes pouvant être appliquées à

toutes les ſituations que l'aube FB prendra, en décrivant l'arc BC, de 30 degrés ; on voit que prenant l'hypotenuſe FB du triangle rectangle FBQ pour le ſinus total, les quarrés de tous les ſinus FQ, des angles FBK, c'eſt-à-dire, de tous les ſinus qui ſont entre 60 & 90 degrés, exprimeront les différens chocs de l'eau dans le paſſage de l'aube FB, du cas le plus déſavantageux à celui du plus grand effet.

Voyez ſur la planche onzieme de la figure déſignée par la lettre Y.

Si dans le quart de cercle ABC, on fait la corde BD égale au rayon AC, l'arc DA ſera de 30 degrés, & le triangle DBC ſe trouvera équilatéral ; alors le quarré de la perpendiculaire DE étant les $\frac{3}{4}$ de celui du rayon CA, tous les quarrés des ſinus LI, renfermés dans le ſegement ADEC, pourront exprimer les différentes impreſſions de l'eau dans les deux cas extrêmes.

La force moyenne d'un courant qui agit ſur une roue à ſix aubes, eſt égale aux onze douziemes de la plus grande.

1068. Comme parmi tous les quarrés dont nous parlons, il y en a un moyen, qui étant multiplié par la ligne EC, donne un produit égal à la ſomme de tous les autres ; il eſt conſtant que ſi l'impulſion que ce quarré moyen exprime ſe trouve égale ou un peu au-deſſous d'une puiſſance de 1670 liv. cette impulſion pourra être priſe pour une force moyenne, entre celles de 1350 liv. & de 1800 liv. Pour ſavoir ce qui en eſt, il faut prendre ſur le prolongement de EG la ligne GF, égale à GA, pour avoir le triangle rectangle & iſoſcelle FGA, qui donne AK = HK =, IC, d'où l'on tire $\overline{LC}^2 - \overline{IC}^2 = \overline{LI}^2$, ou $\overline{AC}^2 - \overline{HK}^2 = \overline{IC}^2$, ou $\overline{KI}^2 - \overline{HK}^2 = \overline{LI}^2$. Comme il en ſera de même à quelque point de la hauteur GA qu'on tire la ligne HI, il ſuit que la ſomme de tous les quarrés des élémens du rectangle AGFC, moins la ſomme de tous les quarrés des élémens du triangle AFG, eſt égale à la ſomme des quarrés des élémens du ſegment ADEC. Or ſi l'on nomme AC ou KI, a ; EC ou GA, ou GF ſera $\frac{a}{2}$, alors la ſomme de tous les quarrés des élémens du rectangle AGEI, ſera $aa \times \frac{a}{2}$, & celle des quarrés des élémens du triangle AFG, qui compoſe une pyramide, ſera $\frac{aa}{4} \times \frac{a}{6}$, dont la différence avec la précédente donne $\frac{a^3}{2} - \frac{a^3}{24}$, ou $\frac{11a^3}{24}$ pour la ſomme de tous les quarrés du ſegment ADE, qui étant diviſé par $\frac{a}{2}$, il vient $\frac{11aa}{12}$; ce qui montre que le quarré moyen eſt égal aux onze douziemes du quarré

du rayon. D'où l'on peut conclure que l'action moyenne du courant, entre les deux cas extrêmes, eſt égale aux onze douziemes de ſon impulſion contre l'aube verticale ; ainſi multipliant 1800 liv. par $\frac{11}{12}$, on trouvera 1650 liv. pour la puiſſance moyenne qui doit mouvoir la machine dans le cas du plus grand effet. On peut donc conclure que la vîteſſe moyenne de la roue ſe trouvera à-peu-près égale au tiers de celle du courant, & par conſéquent que la machine produira 74 pouces d'eau.

De tout ce qui précede, je vais tirer pluſieurs maximes qu'il ne faut point perdre de vue, lorſqu'il s'agira de regler les proportions des parties d'une machine miſe en mouvement par le courant d'une riviere.

Maximes qu'il faut ſuivre dans la conſtruction des machines mûes par un courant, pour les rendre parfaites.

1069. Une roue à ſix aubes eſt préférable à celle qui en a un plus grand nombre, parce que ces aubes peuvent avoir pour hauteur juſqu'à la moitié du rayon.

1070. Il faut toujours que la roue ſoit plongée dans l'eau, de maniere que ſon niveau couvre le bord ſupérieur des deux aubes qui ſe trouvent également éloignées de la verticale, parce qu'alors dans une roue à ſix aubes, l'action moyenne du courant n'eſt inférieure à celle du plus grand effet que d'un douzieme.

1071. Après avoir déterminé la longueur & la largeur des aubes, on ne doit compter que ſur les *onze douziemes de leur ſuperficie, pour regler le poids que la machine pourra élever*, afin d'avoir égard aux variations de la roue.

1072. Après qu'on aura trouvé la puiſſance *moyenne*, il faut, pour avoir le poids, faire entrer dans le calcul la réſiſtance cauſée par le frottement, pour ne point eſtimer le poids plus fort qu'il ne doit être.

1073. L'eſtimation de la puiſſance ne doit ſe faire que ſur la vîteſſe qu'aura le courant dans le tems des *moyennes eaux, & l'on doit prendre garde ſi les aubes pourront alors y être plongées entierement*, parce que faute de ces attentions, on feroit peut-être le cercle des piſtons trop grand, & la machine ſeroit en danger de s'arrêter dans le tems des ſéchereſſes.

1074. Pour n'avoir rien à craindre de la diminution du courant, il faut connoître ſa vîteſſe dans le tems des baſſes eaux, & *voir ſi ſa force abſolue ſera ſupérieure à la puiſſance qui doit ſurmonter le poids & le frottement.* Si cela ſe rencontre, on ſera ſûr que la machine ne s'arrêtera pas, au lieu que ſi la force abſolue du courant ſe trouvoit inférieure à la puiſſance, il faudroit néceſſairement diminuer le poids, c'eſt-à-dire, le diametre des piſtons.

Formules ou regles générales pour déterminer les principales parties d'une machine mûe par un courant.

1075. Pour réduire les calculs précédens à des regles générales dont on puiſſe faire uſage, indépendamment de la troiſieme table, conſiderez que lorſqu'on a *la viteſſe* d'un courant, *la ſuperficie des aubes*, & *la puiſſance* appliquée à une machine, on pourra toujours trouver *la viteſſe de la roue*, par conſéquent *celle du poids*. Car nommant V la viteſſe du courant; x, celle de la roue; f, la ſuperficie d'une aube *réduite*; p, la puiſſance, on aura $V-x$, pour la viteſſe reſpective du courant contre les aubes, dont le quarré étant diviſé par 60, donne $\frac{\overline{V-x}^2}{60}$, pour la hauteur de la chûte capable de cette viteſſe (602), qu'il faut multiplier par 70 liv. pour avoir l'expreſſion de la force reſpective du courant, contre une ſurface d'un pied quarré, qui ſera $\frac{\overline{V-x}^2}{60} \times 70$, ou $V - \frac{\sqrt{6}}{7} \times \frac{p}{f} = x$. Cette formule montre que *pour avoir la viteſſe de la roue, il faut diviſer la puiſſance par la ſuperficie d'une des aubes, multiplier le quotient par* $\frac{6}{7}$, *extraire la racine quarrée du produit, la ſouſtraire de la viteſſe du courant, & la différence donnera la viteſſe de la roue.*

1076. S'il s'agiſſoit d'une machine exiſtante dont la viteſſe de la roue fût connue, & qu'elle ſe rencontrât moindre que celle qu'on aura trouvée par le calcul, la différence ſera cauſée par le frottement de la machine, ou par le défaut de quelques pieces. *Pour ſavoir quelle eſt la puiſſance qui ſurmonte les obſtacles, il faudra ſouſtraire de la viteſſe du courant les deux viteſſes de la roue, quarrer les différences, pour avoir le rapport du choc de l'eau dans ces deux cas; ſi l'on en multiplie les termes par* $\frac{7}{6}$ S, *les produits donneront les chocs réels, & leur différence la force employée pour ſurmonter les frottemens.*

1077. Pour juger de l'effet de la machine dans les mêmes cas, nous nommerons q, le poids; u, ſa viteſſe; & b la viteſſe que doit avoir la roue relativemeut au poids; alors les quantités de mouvement de la puiſſance & du poids, donneront dans le premier cas $\overline{V-b}^2 \times bf \times \frac{7}{6} = qu$, au lieu que dans le ſecond, le premier produit étant toujours plus grand que l'autre, on aura $\frac{qu}{\overline{V-b}^2 \times bf \times \frac{7}{6}}$ *pour le rapport de l'effet de la machine à celui qu'elle devroit produire.*

1078. Si en connoiſſant la viteſſe de la roue, & la puiſſance capable de ſurmonter le poids & le frottement, on vouloit avoir la viteſſe du courant, que nous nommerons x, la premiere formule deviendroit

deviendroit $x - b \times \frac{7}{6} \times f = p$; d'où l'on tire $x = \sqrt{\frac{6}{7} \times \frac{p}{f}} + b$.

1079. Pour avoir auſſi une formule qui puiſſe ſervir à calculer toutes les machines *dans le cas du plus grand effet*, conſiderez que nommant encore V, la vîteſſe du courant ; u, celle du poids ; S, la ſuperficie réduite d'une des aubes ; on aura $VV \times \frac{7}{6} \times S$, pour la puiſſance qui ſeroit en équilibre avec le poids & le frottement, (1076) qu'il faut multiplier (595) par $\frac{4}{9}$, & le produit par $\frac{V}{3}$ vîteſſe que doit avoir la roue ; il viendra $V^3 \times S \times \frac{14}{51}$ pour la quantité de la puiſſance, qui devant être égale à la quantité de mouvement du poids, donne $V^3 \times f \times \frac{14}{51} = q \times u$. Formule générale avec laquelle on pourra toujours connoître l'une des quatre grandeurs V, u, f, p, moyennant la connoiſſance des trois autres.

1080. Par exemple, *pour avoir le poids* que la machine doit élever, on aura $\frac{V^3 \times S \times \frac{14}{51}}{u} = q$, qui montre qu'*il faut multiplier le cube de la vîteſſe du courant, par la ſuperficie réduite d'une des aubes, pour avoir un premier produit, qu'il faut multiplier par* $\frac{14}{51}$, *& diviſer ce ſecond produit par la vîteſſe que doit avoir le poids ; ſi du quotient on retranche la réſiſtance cauſée par le frottement, on aura le poids réel que la machine doit élever.*

1081. Si on vouloit connoître *la vîteſſe du courant*, la formule deuiendra alors $V = \sqrt{\frac{q \times u \times \frac{51}{14}}{f}}$, qui montre qu' *il faut multiplier la quantité de mouvement du poids par* $\frac{51}{14}$, *diviſer le produit par la ſuperficie réduite d'une des aubes, & extraire la racine cube du quotient.*

1082. Voulant de même connoître *la ſuperficie de chaque aube réduite*, on aura $f = \frac{q \times u \times \frac{51}{14}}{V^3}$, qui montre qu'*il faut multiplier la quantité de mouvement du poids par* $\frac{51}{14}$, *& diviſer le produit par le cube de la vîteſſe du courant.*

1083. Enfin voulant avoir *la vîteſſe du poids*, on aura $\frac{V^3 \times S \times \frac{14}{51}}{q} = u$, qui montre qu'*on doit multiplier le cube de la viieſſe du courant par la ſuperficie d'une des aubes réduite pour avoir un premier produit, qu'il faut multiplier par* $\frac{14}{51}$, *& diviſer le ſecond produit par le poids, y compris le frottement.*

On voit que les calculs précédens peuvent être appliqués à toutes ſortes de machines mûes par un courant quelle qu'en ſoit

la conſtruction, ſans ſe mettre en peine de la longueur des bras de levier.

Deſcription des pompes pour éteindre les incendies.

Ordre que l'on obſerve en Alſace & dans les Pays-Bas, pour les incendies.

1084. Perſonne n'ignore la néceſſité d'avoir dans une ville pluſieurs pompes ambulantes pour éteindre les incendies, & de ſe munir de longue main de tout ce qui peut donner un prompt ſecours, lorſque par malheur le feu prend dans quelque quartier; autrement il eſt à craindre qu'il ne ſe conſume en peu de tems un grand nombre de maiſons, ſur-tout quand ſon activité ſe trouve ſecondée d'un vent impétueux.

Il n'y a point de pays où la police ſoit mieux entendue en pareil cas que dans les Pays-Bas & en Alſace; dans chaque ville il y a une maiſon où l'on renferme pluſieurs pompes, avec un grand nombre de ſceaux de cuir, d'échelles, crocs de fer, cuves, &c. Il y a auſſi des ſceaux répandus dans tous les différens quartiers, principalement dans les maiſons des Magiſtrats, où ils ſont accrochés aux planchers de leurs veſtibules, comme une marque d'honneur.

Lorſque le feu prend en quelque endroit, auſſi-tôt le guetteur ſonne le tocſin; ſi c'eſt la nuit il expoſe un flambeau allumé en dehors du Béfroy, du côté où il apperçoit le feu, & ſi c'eſt pendant le jour, il ſe ſert d'un drapeau rouge. Dans les villes de guerre, au premier coup de la cloche, l'on bat la générale, la garniſon prend les armes pour s'emparer des poſtes marqués par celui qui commande; l'on poſe des détachemens ſur toutes les avenues qui répondent à l'endroit où eſt le feu pour empêcher le déſordre, & pour prévenir les ſurpriſes que les ennemis auroient tenté ſur la place. Pendant ce tems-là tout eſt en mouvement du côté de l'Hôtel de Ville, chacun ayant ſon emploi marqué par le Magiſtrat; pour exciter l'émulation, celui de Strasbourg a établi dans chaque quartier des Officiers chargés de la direction des manœuvres qu'ils doivent exécuter en cas d'incendie: celui de ces Officiers qui arrive le premier à l'endroit où il faut donner du ſecours eſt récompenſé d'une certaine ſomme payée par la ville, celui qui arrive le ſecond en a une moindre, ainſi du troiſieme; mais celui qui n'arrive que le dernier, eſt obligé de payer une amende, qui fait une partie de la récompenſe des plus diligens, à moins qu'il ne ſoit dans l'impuiſſance de ſe trouver à ſon devoir.

D'un autre côté, tous les Religieux mendians, qui ſont d'un

grand ſecours en pareils cas, partent de leur Monaſtere, munis des ſceaux qu'ils ont chez eux, & de ceux qu'ils raſſemblent en chemin, ſe rendent au lieu où eſt le feu, pour y donner des marques de leur zele, en s'expoſant aux plus grands dangers.

On place les pompes dans les endroits les plus commodes pour y lancer l'eau; & comme elles en conſomment beaucoup, on prend toutes les meſures néceſſaires pour qu'elles n'en puiſſent pas manquer. On fait ranger en file des deux côtés des rues qui aboutiſſent à l'incendie, tous les habitans, pour ſe donner de main en main des ſceaux plein d'eau, ce que font les plus forts que l'on range d'un côté, tandis que les plus foibles que l'on met de l'autre, les renvoyent vuides juſqu'aux endroits où l'on puiſe l'eau. De cette ſorte les pompes ſe trouvant au centre de la manœuvre, il leur vient de l'eau de toutes parts; & comme elles ſont environnées de pluſieurs cuves, où l'on décharge celle qu'elles ne peuvent conſommer ſur le champ; il arrive qu'à quelque éloignement qu'elles ſoient de la riviere ou des puits, elles ſont toujours bien ſervies.

Si malheureuſement le vent vient à pouſſer le feu vivement, & qu'on ait lieu d'appréhender pour les maiſons voiſines, on abat promptement celles qui ſont le plus à portée de l'incendie, afin de lui couper le chemin. Après ce détail, voici la deſcription des plus belles pompes qui ſont venues à ma connoiſſance.

Deſcription d'une pompe pour les incendies, exécutée à Strasbourg.

PLAN. 13.

1085. La planche 13 comprend les développemens d'une pompe exécutée à Strasbourg; comme elle eſt repréſentée dans tous les ſens, je me contenterai d'en donner une légere explication. On voit qu'elle eſt compoſée d'abord d'un grand bac monté ſur quatre roues, accompagnées d'un train, pour être voiturée par des chevaux. Au fond de ce bac ſont attachés ſur une plate-forme deux corps de pompes D, de 4 pouces de diametre, unis à une fourche E, qui va aboutir au tuyau montant H, à l'extrémité duquel eſt un autre tuyau I, ſervant à diriger l'eau, comme nous le dirons plus bas. Dans chaque corps de pompe joue un piſton ſur 8 ou 10 pouces de levée, répondant à des verges de fer ſuſpendues aux leviers ou balanciers FG, qui font aſpirer & refouler les piſtons alternativement par l'action des hommes qui y ſont appliqués; le bac eſt partagé en deux parties par une cloiſon percée de trous, l'un ſert à loger les corps de pompes, & l'autre à recevoir l'eau qui doit être refoulée. Je paſſe ſous ſilence les ſoupapes qu'on ſuppoſe placées dans le fond des corps de pompes & au bas de la fourche qui leur eſt unie; je ne dis rien non plus de la conſtruction des piſtons qui ſont maſſifs & entourés de ban-

des de cuir comme à l'ordinaire, étant aisé de s'imaginer ces petits détails, après tout ce qui a été dit sur les pompes dans le chapitre précédent.

Autre pompe pour les incendies, exécutée à Ypres.

PLAN. 14. FIG. 2, 3 & 4.

1086. Voici une autre pompe dans le goût de la précédente, mais dont la manœuvre paroît plus commode; elle est exécutée à *Ypres*, & on s'en est servi nombre de fois avec beaucoup de succès, passant pour la meilleure du pays. Elle est composée d'un grand bac posé sur un traîneau; ce bac sur sa longueur est divisé en trois parties égales par les cloisons VX, percées de plusieurs trous, pour qu'en versant l'eau dans les réservoirs T, elle ne puisse point en passant dans le milieu, entraîner d'ordures. Les corps de pompes sont placés en S, accompagnés de leurs soupapes, pistons & branches, comme on le voit représenté en particulier dans la quatrieme figure.

On voit dans la premiere figure que les pistons E, F sont suspendus à un balancier CD, traversant un essieu AB qui repose sur les paliers BI, représentés dans la seconde figure, qui est une vue extérieure de la pompe en perspective. Aux extrémités de cet essieu sont suspendus des supports de fer BO, dont chacun porte une piece de bois LM ou OP, que je nomme rame, laquelle peut jouer librement autour du boulon sur lequel elle est en équilibre. A ces rames sont attachées un nombre de chevilles de bois N en forme de poignées, auxquelles sont appliquées autant de personnes qui poussent en avant & en arriere, comme font les rameurs, & qui donnent le mouvement à l'essieu qui fait jouer les pistons; ce qui est aisé de s'imaginer en considérant encore la premiere figure, relativement à la seconde; les parties GH, IK n'étant autre chose que la représentation des rames LM, OP.

On a accompagné la quatrieme figure de toutes les parties essentielles à cette pompe qui méritent quelque attention; & pour faire voir l'effet des différentes soupapes, on a supposé que les unes telles que I, G, étoient coniques, & les autres K, H faites en clapets. A l'égard du tuyau B qui répond aux branches L, M, on voit qu'il est accompagné d'une boëte à deux anses A, percée en écrou par le dedans, avec un rebord intérieur, dont le diametre est de même calibre que le tuyau B, qu'elle ne peut abandonner & dont on va voir l'usage. C'est un tuyau coudé & taillé en vis par ses extrémités, dont celle d'en haut doit s'ajuster avec un autre tuyau D. E est une seconde boëte à écrou comme la premiere A, avec cette seule différence qu'elle n'a point d'anses pour la tourner, parce qu'étant plus petite, elle peut être plus aisément ma-

niée. D eſt un tuyau d'environ 7 pieds de longueur, ſervant à diriger l'eau, c'eſt pourquoi il va en diminuant vers le bout.

Pour monter la fourche avec ſon genou, on fait entrer le bout du tuyau B dans l'autre tuyau coudé C, on éleve la boëte A, qu'on tourne autour de la vis qui répond au tuyau C. Alors ces deux pieces ſe trouvent unies, de maniere que celle d'en haut peut tourner librement autour du tuyau immobile B, afin de pouvoir lancer l'eau du côté que l'on veut; enſuite on fait entrer juſqu'à la vis dans le tuyau D, l'extrémité ſupérieure du tuyau coudé C, que l'on unit par le moyen de la boëte E, dont l'écrou vient s'ajuſter avec la vis dont nous parlons, ce qui n'empêche pas le tuyau D de tourner pour le diriger plus haut ou plus bas, ſelon que ſa courbure ſe trouve diſpoſée.

Le deſſus du milieu de la partie du bac dans lequel ſont placés les corps de pompes, eſt couvert par un plancher ſur lequel eſt ſitué celui qui conduit le tuyau D, qui eſt une commodité eſſentielle qu'on n'a pas coutume de pratiquer au pompes ordinaires.

Nouvelle pompe pour les incendies, exécutée en Hollande.

PLAN. 15.

1087. Les figures 4, 5 & 6 de la planche 15, comprennent le profil, le plan & l'élévation d'une pompe différente des deux précédentes, & telle qu'on en trouve dans pluſieurs villes de Hollande : elle eſt compoſée d'un bac partagé en trois parties par deux cloiſons percées, comme ci-devant, de pluſieurs trous, pour que l'eau verſée dans les réſervoirs O & P parvienne pure au retranchement du milieu, où ſont placées les pompes, dont voici la diſpoſition.

Dans le milieu eſt un cylindre Q, couvert d'un chapiteau arrêté par des vis, le pourtour garni de rondelles de cuir, de maniere que l'air n'y puiſſe entrer ni ſortir; ce cylindre eſt uni à deux corps de pompes diamétralement oppoſés, leſquels par le jeu de leur piſton, font entrer l'eau dans le récipient Q, en paſſant par les communications N, M, qui s'ouvrent & ſe ferment alternativement avec les clapets A, ſelon que les piſtons hauſſent ou baiſſent. Le pourtour des corps de pompes eſt percé vers le bas au-deſſous des ſoupapes K, L, qui eſt l'endroit par où l'eau s'introduit, lorſqu'on vient à lever chaque piſton, dont on ſentira l'effet, en conſidérant que l'eau qu'ils ont aſpiré pour remplir chaque corps de pompe eſt refoulée dans le récipient, dont l'air ne pouvant ſortir auſſi-tôt que le trou B ſe trouve ſurmonté par l'eau, va ſe réunir vers le ſommet du récipient où il ſe condenſe de plus en plus à meſure que l'eau y entre en plus grande quantité, parce que le trou B étant plus petit que le cercle des piſtons, il entre plus d'eau

dans le récipient qu'il n'en peut ſortir dans le même tems. Ainſi cette eau eſt refoulée ſans interruption, non-ſeulement parce qu'il y a deux piſtons qui jouent alternativement, mais encore parce que la ſurface de celle du récipient eſt preſſée de haut en bas par le reſſort de l'air, qui refoule avec une force à-peu-près égale à celle qu'on imprime aux piſtons. Par ce moyen, l'eau eſt lancée continuellement avec une vîteſſe qui eſt toujours à-peu-près la même, malgré l'inégalité de l'action de ceux qui ſont appliqués au balancier EF, dont les extrémités ſont terminées en fourche, comme on le voit dans la ſixieme figure, afin de pouvoir y enfiler une poignée aſſez longue pour que cinq ou ſix hommes puiſſent agir de front. Cette figure fait voir auſſi le boyau du cuir D, qui s'ajuſte avec une boëte de cuivre C, répondant au trou B, par lequel l'eau eſt refoulee dans le boyau, pour être dirigée à l'aide du tuyau E, dans les endroits embraſés qui ne peuvent être apperçus du lieu où la pompe eſt placée. Au reſte, comme cette pompe eſt de même eſpece que celles dont j'ai fait mention dans les articles 801, 887, je ne m'y arrêterai pas davantage, la ſimple conſidération du profil faiſant aſſez connoître le méchaniſme qui lui eſt propre.

Deſcription d'une pompe pour les incendies, avec laquelle on lance l'eau ſans interruption par le mouvement d'un ſeul piſton.

1088. M. *Perrault*, dans ſon Commentaire ſur *Vitruve*, pag. 318, fait mention d'une pompe de même eſpece que la précédente, qui étoit de ſon tems dans le cabinet de la bibliotheque du Roi, laquelle, dit cet Auteur, *ſert à lancer de l'eau fort haut dans les incendies : ce que cette machine a de particulier, & qui n'eſt point dans les autres de cette eſpece, dont la deſcription ſe voit dans le livre des Forces mouvantes de* Salomon de Caux, *étant qu'avec un ſeul piſton, par le moyen de l'air, l'eau eſt pouſſée de maniere qu'elle a un cours continu, & qui n'eſt point interrompu, lorſque le piſton attire l'eau.*

PLAN. 15. FIG. 1.

Pour en juger, conſiderez la premiere figure compoſée d'un corps de pompe A, dont le fond eſt percé d'un trou fermé par une ſoupape pour recevoir l'eau du bac, dans lequel l'on ſuppoſe que cette machine eſt placée. Ce corps de pompe eſt uni à un récipient B, par le moyen d'un tuyau de communication C, ayant à l'endroit E une ſoupape pour empêcher que l'eau qui eſt entrée dans le récipient n'en puiſſe ſortir. Ce récipient, qui eſt fermé de toutes parts, comprend dans le milieu un tuyau FD, qui deſcend preſque juſqu'au fond.

Lorſqu'on fait jouer le levier H, auquel eſt ſuſpendu le piſton, l'eau entre d'abord dans le corps de pompe & dans le récipient juſqu'à une certaine hauteur au-deſſus de l'orifice D, qui s'y trou-

vant ſubmergé, l'air renfermé dans le récipient, qui n'en peut plus ſortir, ſe comprime de plus en plus à meſure que le récipient ſe remplit. Or comme chaque fois que le piſton refoule, le récipient reçoit plus d'eau qu'il n'en peut ſortir par le tuyau FD, dont l'orifice ſupérieur eſt beaucoup plus petit que le cercle du piſton, il arrive que non-ſeulement l'eau eſt lancée avec beaucoup de vîteſſe dans le tems que le piſton refoule, mais qu'elle monte encore à-peu-près à la même hauteur dans le tems de l'aſpiration, par l'action du reſſort de l'air qui preſſe la ſurface de l'eau pour ſe remettre dans ſon état naturel, comme dans l'article 881. Voilà l'*énigme de méchanique* deviné par M. *du Fay* * lorſqu'il vit à Strasbourg une pompe qui agiſſoit ſans interruption, quoiqu'il n'y eût qu'un ſeul piſton, dont M. *Jacob Leupold* faiſoit myſtere comme d'une choſe nouvelle.

* *Hiſtoire de l'Académie, année 1725, page 78.*

FIG. 2.

La ſeconde figure repréſente une autre maniere de conſtruire la machine précédente, en faiſant que l'eau ſoit lancée par l'orifice B à côté du récipient A, & non par le ſommet, & on y a ajouté deux corps de pompes, afin que l'un des leviers E ou F puiſſe travailler au défaut de l'autre. A l'égard du cercle D, on ſuppoſe qu'il marque la ſurface de l'eau dans le récipient, au moment que le piſton en refoulant eſt parvenu au plus bas, & qu'enſuite elle eſt deſcendue en C à la fin de l'aſpiration.

Deſcription d'une fontaine artificielle, nommée communément Fontaine Héroniene.

1089. Voici une fontaine artificielle qui agit par la condenſation de l'air, imaginée par *Heron*, célebre Mathématicien d'Alexandrie, & qui m'a paru trop ingénieuſe pour ne pas mériter de trouver place ici. Elle eſt compoſée de deux vaiſſeaux cylindriques égaux ABCD, EFGH, chacun fermés par deux fonds IK, CD & EF, GH, dont le premier IK eſt à quelque diſtance du bord AB, pour former un petit baſſin IABK. Ces deux vaiſſeaux ſont entretenus enſemble par un cylindre creux, 4, 5, au travers duquel paſſe un tuyau RS, dont un des orifices R eſt ſoudé au fond IK du baſſin, & l'autre S répond à une petite diſtance du fond GH; la ſurface de ce tuyau eſt entretenue au fond CD, EF en Y & Z.

FIG. 3.

Enſuite eſt un ſecond tuyau TV, dont une des ouvertures V eſt ſoudée avec le fond EF, & l'autre T eſt autant éloignée du fond IK que S l'eſt de GH : ce tuyau a auſſi ſa ſurface ſoudée au fond CD à l'endroit X; enfin le fond IK eſt traverſé par un tuyau PQ, dont l'ouverture Q eſt éloignée du fond CD, à la même diſtance que le ſont T & S de ceux qui leur répondent. A ce troiſieme tuyau eſt adapté un ajutoir P de 2 ou 3 lignes de diametre; cela bien entendu, voici le jeu de cette machine.

On commence par ôter l'ajutoir P, afin de verſer de l'eau plus commodément dans le vaiſſeau CIKD juſqu'à la hauteur LM de l'orifice T du tuyau TV, c'eſt-à-dire, que l'on ceſſe d'en verſer lorſqu'on l'entend deſcendre dans le vaiſſeau GF. On remet l'ajutoir, & l'on ferme le trou, enſuite on verſe de l'eau dans le baſſin IABK, laquelle deſcendant par le tuyau RS, va ſe rendre dans le vaiſſeau GF, où il n'en peut entrer que juſqu'à une certaine hauteur NO, parce que l'air dont cette eau occupe la place venant à ſe condenſer, empêche qu'il n'en entre davantage. Toutes les colonnes d'eau compriſes dans l'eſpace GNOH, & qui ont pour hauteur NG, tendant à monter auſſi haut que la colonne compriſe dans le tuyau RS, le reſſort de l'air renfermé dans les eſpaces NF, LK ſe trouve augmenté d'une force équivalente au poids d'une colonne d'eau qui auroit pour baſe le cercle LM, & pour hauteur KO.

Si l'on débouche l'ajutoir, le reſſort de l'air preſſant la ſurface LM de l'eau CM, la fera jaillir à une hauteur à-peu-près égale à KO, & continuera de même tant qu'il y aura de l'eau dans le vaiſſeau CK, parce que celle qui ſort retombant dans le baſſin IB, vient ſe rendre dans le vaiſſeau GF, & y occupe la place de l'air qui eſt paſſé dans le vaiſſeau CK, où il ſe trouve toujours également condenſé, puiſque l'eau ne faiſant que ſortir du vaiſſeau ſupérieur pour ſe rendre dans l'inférieur, la machine en contiendra toujours une égale quantité; mais lorſque l'orifice Q du tuyau PQ ne trempera plus dans l'eau, alors l'air trouvant une iſſue pour s'échapper, la machine ceſſera d'aller.

Pour la faire jouer tout de nouveau, on fait ſortir par un trou pratiqué au fond GH, toute l'eau qui s'eſt rendue dans le vaiſſeau inférieur, & après l'avoir refermé, l'on met la machine en état de recommencer de nouveau.

Tandis que nous en ſommes ſur le concours des effets de l'air & de l'eau, je crois qu'il ne ſera point inutile de faire mention d'une maniere de ſouffler le feu des forges, bien différente de celle dont on fait uſage ordinairement, mais elle ne peut gueres avoir lieu que dans les pays de montagnes d'où il deſcend de l'eau, comme en Provence, où le ſoufflet que je vais décrire eſt fort en uſage, ſe rencontrant le long de l'Iſere, entre Ramand & Grenoble, cinq ou ſix forges qui n'en ont point d'autres.

PLAN. 15. *Deſcription d'un ſoufflet pour les gran-*

1090. La premiere figure de la planche 16, comprend le plan du bâtiment d'une de ces forges; avec la ſituation du ſoufflet par rapport au fourneau; ce ſoufflet eſt compoſé d'une cuvette HI renverſée,

versée, faite en ovale, de 7 pieds de longueur sur 3 ou 4 de largeur, représentée par les figures 3 & 4; ses bords sont enterrés de 5 ou 6 pouces, pour que l'air extérieur ne puisse y entrer. Sur le fond de cette cuve sont attachés deux tuyaux de bois B, C, de 10 ou 12 pieds de hauteur, dans le milieu desquels on arrête aussi sur la cuve une espece de pyramide G faite de planches, ayant vers son sommet un troisieme tuyau D, qui conduit le vent à la forge; toutes ces pieces sont bien emboitées & calfatées avec la cuve, de maniere que l'air n'ait aucun passage par les joints.

des forges, par le moyen d'une chûte d'eau.

Un petit canal d'un pied de largeur, sur 7 à 8 pouces de profondeur, & qui se partage en deux branches E, F, conduit l'eau dans les tuyaux B, C, en plus ou moins grande quantité, selon que l'on veut augmenter ou diminuer l'action du vent, ce que les Forgeurs reglent par le moyen d'une petite vanne placée à l'entrée A du canal. Comme les tuyaux B, C sont percés vers le sommet de plusieurs trous inclinés au-dedans, par lesquels l'air s'introduit, il arrive que l'eau en tombant, entraîne avec elle dans la cuve une grande quantité d'air, qui se trouvant comprimé cherche à se dilater, & n'ayant d'autre issue que par le tuyau D, qui va en diminuant vers le bout, il en sort avec impétuosité, & va souffler le feu de la forge avec tant de force, qu'on est quelquefois obligé d'en laisser échapper une partie par un petit trou pratiqué au sommet de la pyramide G, ne le laissant agir pleinement que lorsqu'on a de grosses piecs à forger.

On place dans la cuve, sous chacun des tuyaux B, C une espece de petite sellette H, pour qut l'eau venant jaillir dessus, l'air puisse s'en séparer plus aisément, après quoi l'eau en sort par une rigole qui en est toujours bouchée, afin que l'air ne puisse s'échapper par l'ouverture qu'on a été obligé de faire à la cuve.

J'ajouterai que la cinquieme figure représente une roue qui tourne par le courant d'un canal pratiqué à côté de la forge, comme on le voit dans la premiere figure à l'endroit KQ; que l'arbre L de cette roue fait agir un martinet M, dont le manche est appuyé en N, & qu'on interrompt le mouvement de la roue par le moyen d'une vanne placée à l'endroit Q, qu'on leve & baisse à l'aide du levier QP. PLAN. 16.

1091. M. *Mariotte*, dans son *Traité du mouvement des eaux*, fait « mention, pag. 68, d'une maniere de soufflet tel que le précédent, » mais un peu différent, comme on en peut juger par la seconde » figure. On sait, dit cet Auteur, que dans beaucoup de lieux on » se sert de certains soufflets pour faire fondre les mines de fer

Discours de M. Mariotte sur les soufflets précédens.

PLAN. 16. FIG. 2. » dans les fourneaux par la seule chûte de l'eau, ce qui se fait ainsi. » On a un tuyau de bois ou de fer blanc de 14 ou 15 pieds de hau- » teur, & d'un pied de diametre, qui est soudé dans une médiocre » cuve renversée, dont le bas est posé sur le terrein, ensorte que » pour peu d'eau qui y tombe, elle ferme les ouvertures, & l'air » n'y peu plus passer. On laisse au haut du tuyau une ouverture de » trois ou quatre pouces de diametre, dans laquelle on met un en- » tonnoir, dont le goulot est de la même grosseur; on y fait tomber » de 15, 20, ou 30 pieds de hauteur, de l'eau de quelque fontaine, » dont la largeur en tombant est à-peu-près égale à l'ouverture de » l'entonnoir, ensorte qu'il ne peut s'y amasser de l'eau que de 5 » ou 6 pouces de hauteur. Cette eau en tombant entraîne avec elle » beaucoup d'air qui la suit jusqu'au-dessous de l'entonnoir, à » cause de la pesanteur de l'eau qui continue de tomber. & de la » vîtesse de son mouvement. On met à côté de la cuve, un tuyau » qui va en étréciſſant jusqu'auprès du trou du fond du fourneau » où le charbon doit être soufflé; l'air pressé & enfermé dans la » cuve ne pouvant sortir par en haut à cause de la chûte impétueuse » de l'eau qui occupe le trou de l'entonnoir, ni par en bas à cause » de l'eau qui s'y amasse, & qui s'éleve d'un pied ou deux par dessus » les fentes qui restent entre la terre du fond & les douves de la » cuve, cet air est contraint de sortir avec une très-grande force » par le bout du canal, de maniere qu'il fait le même effet pour » souffler le charbon, que les plus grands soufflets de cuir dont » on se sert ailleurs ».

J'ai appris par un de mes amis, qui a beaucoup voyagé en Italie, que près de Salan sur le lac de Guarde & proche de Rome, dans la montagne Tiburtine, il y avoit des forges où les soufflets dont nous parlons étoient employés.

Il y a encore une nouvelle maniere de soufflet exécutée à une fonderie proche Valenciennes.

1092. On a construit proche Valenciennes, en 1733 & 1734, une fonderie pour la fabrique des boulets de canon, dont le feu du fourneau est animé par un soufflet nouvellement imaginé en Angleterre; l'eau n'y a aucune part, il se réduit à faire circuler l'air d'une maniere que l'on dit être fort ingénieuse, & qui produit un effet surprenant. Comme je ne l'ai point vu, & qu'on n'a pu m'en donner qu'une idée fort imparfaite, je n'entreprendrai point de l'expliquer présentement, me réservant d'en donner la description aussi-tôt que je m'en serai instruit par moi-même : on la trouvera dans le premier volume de la seconde partie de cet ouvrage.

Deſcription de la Machine de Marly.

1093. Il ne paroît pas que l'on ait jamais exécuté de machine qui ait fait autant de bruit dans le monde que celle de Marly ; elle peut être miſe au nombre de ces ouvrages rares qui étoient réſervés à la magnificence de *Louis le Grand*. En effet, il n'appartenoit qu'à ce Monarque de forcer une riviere comme la Seine à quitter ſon cours naturel, pour s'aller rendre ſur le ſommet d'une montagne auſſi élevée que celle où elle coule préſentement. Les Poëtes ont fait faire à leurs héros des choſes merveilleuſes avec le ſecours des Dieux ; mais ce grand Roi, ſans avoir recours à la fiction, trouvoit dans ſes finances & dans l'habileté de ceux qui cherchoient à contribuer à ſa gloire, tout ce qu'il falloit pour accomplir ſes grands deſſeins. La ſituation qu'il choiſit lui-même dans la forêt de Marly pour y faire bâtir un château, peut paſſer pour une des plus belles du monde ; une expoſition heureuſe & une vue charmante, fourniſſoient du côté de la nature tout ce que l'on pouvoit deſirer, excepté de l'eau. Et comment pouvoir s'en paſſer, dans un lieu que l'on vouloit enrichir de tout ce que l'imagination peut ſe repréſenter de plus riant, de ces lieux enchantés que les romans nous décrivent avec tant de pompe ? Cet obſtacle auroit rebuté un Prince moins puiſſant, mais il voulut montrer qu'il pouvoit venir a bout des plus grandes entrepriſes. Il parle, auſſi-tôt tout ce qu'il y a d'habiles gens en France & dans les pays étrangers, attirés par les bienfaits dont il récompenſoit le mérite, ſe diſputent la gloire de le ſervir.

Comme alors il ſuffiſoit qu'on eut quelques talens pour être écouté favorablement des Miniſtres, un nommé *Rannequin*, du pays de Liege, homme d'un génie excellent pour les machines, fut aſſez hardi pour entreprendre de rendre les eaux auſſi abondantes à Marly & à Verſailles que ſi elles y euſſent coulées de ſource. La machine qu'il a exécutée pour cela, a commencé d'agir en 1682 : on prétend qu'elle a coûtée plus de huit millions. J'ai héſité longtems de la rapporter dans cet ouvrage, par la difficulté de la bien décrire & d'en avoir un deſſein exact ; d'ailleurs ſon exécution étant d'une auſſi grande dépenſe, il me paroiſſoit ridicule de la donner pour modele à ceux qui auroient recours à mon livre pour y chercher les moyens d'élever de l'eau. Cependant j'ai conſideré que cette machine ayant fait juſqu'ici l'admiration de toute l'Europe, les curieux ne ſeroient pas fâchés d'en avoir les développemens,

ne fût-ce que pour en raiſonner avec plus de juſteſſe que ne font la plûpart de ceux qui croyent l'entendre. A cette conſidération j'en ajouterai une plus eſſentielle encore, qui eſt que dans bien des occaſions on peut en tirer des pieces pour s'en ſervir utilement, cette machine en comprenant de fort ingénieuſes qu'on ne trouve point ailleurs.

J'en ai cherché long-tems les plans & les profils ſans avoir pu les trouver, car ce n'étoit pas une petite affaire que de prendre la peine de les aller lever moi-même ſur les lieux; heureuſement un de mes amis qui les avoit, a bien voulu me les communiquer. Pour m'aſſurer s'ils étoient exacts & pour en faire la deſcription, j'ai paſſé huit jours à la Machine, où M. *Deleſpine*, qui en eſt le Contrôleur, m'a donné tous les éclairciſſemens que je pouvois déſirer.

Cette machine eſt ſituée entre Marly & le village de Lachauſſée; à cet endroit, la riviere eſt barrée en partie par la machine, & par une peſſiere ou digue qui fait regonfler les eaux. Pour ne point interrompre la navigation, on a pratiqué à deux lieues au-deſſus de Marly, un canal pour le paſſage des bateaux. On a auſſi conſtruit un briſe-glace à 30 ou 35 toiſes de la machine, pour empêcher que les glaces ou les bois entraînés par le courant ne l'endommagent; pour mieux garantir les vannes qui répondent aux roues de la machine, on a fait encore un grillage de poutres, qui arrête tout ce qui ſeroit échappé au briſe-glace.

La machine eſt compoſé de 14 roues; elles ont toutes pour objet de faire agir les pompes qui forcent l'eau de monter juſques ſur la tour élevée au ſommet de la montagne, où elle ſe réunit à la ſortie de pluſieurs tuyaux, pour couler ſur un aquéduc, & ſe rendre dans les réſervoirs qui la reçoivent. Comme il ſuffit d'entendre tout ce qui appartient à une de ces roues pour juger de l'effet des autres, qui ne font que répéter à-peu-près la même manœuvre, je vais m'attacher à en faire le détail partie à partie, pour ne point embraſſer trop d'objets à la fois.

PLAN. 17. *Deſcription de la Machine de Marly.*

1094. La premiere figure de la planche dix-ſeptieme repréſente le plan & le profil d'une roue de la machine & des parties les plus générales qui y répondent depuis la riviere juſqu'à l'aquéduc. Cette roue, qui eſt marquée par le nombre 2, a un courſier fermé par une vanne comme à l'ordinaire: ſon mouvement produit deux effets: le premier eſt de faire agir des pompes aſpirantes & refoulantes, qui font monter l'eau, par le tuyau 3, à 150 pieds de hauteur dans le *puiſard* 4, éloigné de la riviere de 100 toiſes; le ſecond eſt de mettre en mouvement les balanciers 5 & 6, qui font agir des

pompes refoulantes placées dans les bâtimens 7 & 8. Celles qui répondent au premier puiſard 4, reprennent l'eau qui a été élevée à mi-côte, & la font monter par le tuyau 10 dans le ſecond puiſard 9, élevé au-deſſus du premier de 175 pieds, & éloigné de 324 toiſes de la riviere. De-là elle eſt repriſe de nouveau par les pompes qui ſont dans le bâtiment 8, qui la refoulent par le tuyau 11, ſur la plate-forme de la tour 12, élevée au-deſſus du puiſard ſupérieur de 177 pieds, & de 502 pieds au-deſſus de la riviere, dont elle eſt éloignée de 614 toiſes. De-là l'eau coule naturellement ſur un aquéduc, en ſuivant la pente qu'on lui a donnée, juſqu'auprès de la grille du Château de Marly, d'où elle deſcend dans les grands réſervoirs, qui la diſtribuent aux jardins & boſquets.

Pour bien entendre de quelle maniere la roue fait agir les parties qui donnent le mouvement aux pompes dont je viens de faire mention, il faut, en ſuivant ce que je vais expliquer, faire beaucoup d'attention aux figures 2, 3, 4, 5 & 6, & prendre garde que les lettres & chiffres ſemblables qui les accompagnent ſont appliqués aux mêmes pieces de différens ſens. PLAN. 17 & 18.

1095. D'abord on a formé ſur le lit de la riviere un radier qu'on a rendu le plus ſolide qu'il a été poſſible par des pilots & palplanches, garnis de maçonnerie, ainſi qu'on le pratique en pareil cas; c'eſt ce qu'on remarque dans la troiſieme & la quatrieme figures. A 14 pieds au-deſſus de ce radier on a établi un plancher ou pont, qui ſert à ſoutenir les pompes & tout ce qui leur appartient, comme on en peut juger par la ſeconde figure, qui fait voir que l'arbre de la roue eſt accompagné de deux manivelles 13, 14; à cette derniere répond une *bielle* 15, qu'on ne peut bien diſtinguer que dans la troiſieme figure, qu'il faut ſuivre relativement à ce qui regarde la ſeconde. A chaque tour de manivelle cette *bielle* fait faire un mouvement de vibration au *varlet* 16 ſur ſon eſſieu. A ce *varlet* eſt attachée une autre *bielle pendante* 17, qui eſt accrochée au *balancier* 18, aux extrémités duquel ſont deux *poteaux pendans* 19 portant chacun 4 piſtons qui jouent dans autant de corps de pompe, marqués au plan par le nombre 20.

Quand la manivelle 14 & le varlet 16 font monter la bielle 17, les piſtons qui répondent à la gauche du balancier aſpirent l'eau par les tuyaux 21 qui trempent dans la riviere, tandis que ceux de la gauche la refoulent pour la faire monter dans le tuyau 22, d'où elle paſſe dans le premier puiſard. Lorſque la manivelle tire à ſoi le varlet 16, le balancier 18 s'inclinant d'un ſens oppoſé au précédent, les piſtons de la gauche refoulent, & ceux de la droite

aſpirent, continuant toujours de faire la même choſe alternativement.

1096. Pour empêcher que l'air n'ait communication avec la capacité des corps de pompes, & pour que les cuirs qui ſont aux piſtons ne laiſſent point de vuide, on a ajouté à chaque équipage, indépendamment des huit pompes refoulantes, une pompe aſpirante, appellée *mere nourrice*, afin d'entretenir toujours de l'eau dans un baſſin 23, élevé à-peu-près à la hauteur du bord des corps de pompes : ainſi il y a un des poteaux pendans 19, qui porte un cinquieme piſton.

PLAN. 17. & 18.

La manivelle 13 donne le mouvement aux pompes du premier & du ſecond puiſard ; pour juger comment cela ſe fait, il faut conſiderer la quatrieme & la cinquieme figures, relativement à la ſeconde, du ſens qui leur convient, on y verra que cette manivelle fait faire un mouvement de vibration au varlet 25 par le moyen de la bielle 24, qui tire à ſoi & pouſſe en avant l'extrémité 30. Ce varlet en fait agir deux autres horiſontalement placés au-deſſous des nombres 28 & 29, par le mouvement qui leur eſt communiqué de la part des bielles 26, 27, qui pouſſent ou qui tirent à elles le varlet ſupérieur ou inférieur, ſelon la ſituation de la manivelle.

On voit ſur le plan comment le varlet 29 peut ſe mouvoir ſur ſon axe 32, & qu'à l'extrémité 31 il y a une chaîne 31, 33, qu'on doit regarder comme faiſant partie de la chaîne 34, 35, exprimée dans la ſixieme figure. De même le varlet 28, qu'on ne peut voir ſur le plan, mais qui eſt en tout ſemblable à l'inférieur, répond auſſi à une chaîne qui fait partie de l'autre 39, 37 ; ainſi ces deux chaînes ſont tirées alternativement par les varlets 28 & 29 pour faire agir les pompes des puiſards. Pour les entretenir, on les a ſoutenus avec les balanciers 38, poſés de 18 pieds en 18 pieds, ces balanciers ſont traverſés par un boulon qui appuye ſur le cours de lice 29 poſé ſur les chevalets 40.

La figure ſixieme eſt un profil qui peut être commun au premier & au ſecond puiſard, mais qui doit plutôt appartenir au ſecond qu'au premier, parce que les chaînes vont aboutir aux varlets 42, 46, au lieu qu'elles traverſent le premier après y avoir mis en mouvement les pompes qui y ſont.

Mouvement des piſtons qui répondent aux puiſards.

1097. Lorſque la chaîne 36, 37 tire à ſoi de la droite à la gauche le varlet 42, ce varlet enleve le chaſſis 45 ſuſpendu à l'extrémité 43, ayant trois cadres 44, portant les piſtons qui refoulent l'eau dans les corps de pompes, 50, 51. Quand cette chaîne ceſſe d'être tendue, & que l'inférieure 34, 35 eſt tirée, alors le poids du chaſſis

45, joint à celui des cadres & des piſtons, fait baiſſer l'extrémité 43 du varlet 42, & l'eau monte dans les trois corps de pompes de cet équipage. D'autre part, l'extrémité 38 du varlet 46 enleve le chaſſis 49, & les piſtons que ſoutiennent les cadres 52 refoulent l'eau dans les trois corps de pompes de ce ſecond équipage, qui ſont unis comme les précédens au tuyau 50, 51.

Tous ces corps de pompes ſont maintenus inébranlables par des barres de fer qui les embraſſent, comme on le peut voir au plan du puiſard. J'ajouterai que les pompes que la manivelle 13 fait agir dans le premier & le ſecond puiſard, élevent l'eau dans leur bache, ſans rien avoir de commun avec les équipages des autres roues; c'eſt-à-dire, qu'au rez-de-chauſſée des bâtimens 7 & 8, dans la premiere figure, il y a un baſſin qui en occupe preſque toute la capacité, diviſé par des cloiſons pour former des baches, dans chacunes deſquelles il y a ſix corps de pompes renverſés, qui ne font monter l'eau que quand on le juge néceſſaire. S'il y a quelques réparations à faire aux équipages dont je viens de parler, on peut mettre leur bache à ſec & y faire deſcendre des ouvriers ſans interrompre l'action des autres pompes.

Maniere de manœuvrer les chaſſis qui portent les piſtons.

1098. Pour tirer commodément les cadres dehors leurs baches quand il faut les réparer, on ſe ſert d'une machine qui rend cette manœuvre fort aiſée. A l'endroit 53 eſt un treuil ſur lequel file un cable: à l'une des extrémités de ce treuil eſt une roue dentée accompagnée d'un déclit pour empêcher que ce cable ne ſe déroule plus que la longueur dont on a beſoin; de-là il va paſſer ſur une poulie 54, & ſe termine à la chappe d'une autre poulie 55, qui peut couler d'un bout à l'autre de la poutre 60, 60. Sur cette ſeconde poulie paſſe un autre cable, à l'extrémité duquel eſt attaché le double crochet 56; ce cable paſſe enſuite ſur la poulie 57, & de-là va aboutir au treuil d'une roue 58, laquelle s'engraine avec une lanterne 59, que l'on tourne avec une manivelle. Ainſi l'on peut placer le crochet 56 vis-à-vis de l'endroit où on veut le faire monter ou deſcendre ſelon le beſoin.

Développement des pompes aſpirantes & refoulantes de la Machine.

1099. Comme les pompes qui ſont au-deſſus de la riviere & celles des puiſards ſe trouvent exprimées trop en petit dans les figures précédentes pour en diſtinguer les piſtons & les ſoupapes, on les a détaillées en grand ſur la planche dix-ſeptieme pour les rendre plus intelligibles, de même que pluſieurs autres pieces que je vais expliquer.

La figure 20 exprime l'intérieur d'une des 8 pompes aſpirantes & refoulantes, miſe en mouvement par la manivelle 14 de la ſe-

PLAN. 17. conde & troiſieme figures. Quand le piſton 62 monte, l'eau de la riviere, attirée par le tuyau d'aſpiration 63, ouvre la ſoupape 64, remplit la capacité 65, & une partie du corps de pompe 66. Quand il deſcend, il preſſe l'eau qui étoit montée dans le corps de pompe pour la contraindre d'entrer dans la capacité 65; celle qui eſt à cet endroit faiſant effort de toutes parts pour s'échapper, referme le clapet 64, & ouvre la ſoupape 67 pour monter dans le tuyau 68. Quand le piſton aſpire, cette ſoupape ſe referme, & le clapet 64 s'ouvre tout de nouveau.

L'extérieur de cette pompe eſt repréſenté par la figure 19, qui fait voir de quelle maniere les tuyaux ſont liés enſemble à l'aide des brides & des vis. Le tuyau 69 ſe réunit avec celui d'une autre pompe, aboutiſſant l'un & l'autre à un troiſieme tuyau marqué A dans la troiſieme figure, coudé en B, pour aboutir au tuyau 22, qui a quatre branches, deux à droites & autant à gauche, le petit cercle que l'on voit au-deſſus du nombre 22 exprimant la circonférence de ce tuyau; par conſéquent les huit tuyaux 69 n'en font plus que quatre par leur réunion, & ces quatre n'en font plus qu'un qui reçoit l'eau des huit pompes pour la porter au premier puiſard. Quant à la pompe aſpirante, que nous avons nommée *mere nourrice*, & qui ſert à entretenir le petit baſſin qui répond à l'orifice des huit corps de pompes, l'intérieur en eſt repréſenté par la ſeizieme figure & n'a rien de particulier, ſon piſton 70 étant percé comme celui des pompes aſpirantes ordinaires; il eſt accompagné d'une ſoupape pour retenir l'eau qu'il éleve, & d'un clapet 71 pour empêcher que l'eau qui eſt montée ne deſcende. Tous les corps de pompes dont je viens de faire mention & leurs tuyaux ſont de potin, excepté les tuyaux d'aſpiration 63 & 72, qui ſont de plomb.

La figure ſeptieme repréſente l'intérieur d'une des pompes refoulantes du premier & du ſecond puiſards, & fait voir que chaque corps de pompe, tel que 73, eſt porté par des barres de fer, vues de profil aux endroits 74, & que d'autres 75 empêchent que ces corps de pompes ne ſoient enlevés par le piſton dans le tems qu'il refoule. On voit auſſi que la tige 76 qui porte le piſton eſt attachée à deux entretoiſes du cadre 77, que ce cadre & le piſton hauſſent & baiſſent avec le chaſſis 45; aux endroits 78 ſont des roulettes qui ſervent à ſoulager la manœuvre, lorſque l'on veut ôter ou remettre un cadre.

Le piſton de cette pompe eſt creux, accompagné d'une ſoupape qui s'ouvre quand le chaſſis baiſſe pour laiſſer paſſer l'eau, & qui ſe referme

referme quand elle eſt refoulée ; alors les ſoupapes 79 & 80 s'ouvrent pour la laiſſer paſſer dans le tuyau 81 qui aboutit, ainſi que les ſix autres, aux tuyaux 50, 51, qui accompagnent la ſixieme figure. Enfin la figure huitieme montre l'extérieur de cette pompe, & les brides ſervant à la maintenir inébranlable ſur les barres de fer qui les accompagnent.

La figure quinzieme eſt le profil d'un tuyau de conduite, accompagné d'une de ſes extrémités marquées S, vues en face, pour faire voir les brides à l'aide deſquelles on joint par des vis ces tuyaux les uns aux autres, en mettant entre deux des rondelles de plomb & de cuir, pour les mieux ſerrer.

La figure dix-huitieme repréſente une ſoupape qu'on nomme crapaudine, placée au fond de chaque bache, pour la vuider par le tuyau 84, ce qui ſe fait en tournant la manivelle qui eſt à l'extrémité de la verge 83. Quant à la figure 17, elle repréſente le clapet qui ſe place au ſommet 87 des corps de pompes, pour empêcher que l'eau ne deſcende quand elle eſt une fois montée.

Les figures 9, 10 & 11 expriment les différentes faces du bout d'un varlet auquel ſont ſuſpendues les pieces qu'il met en mouvement. On voit qu'à ce bout eſt une oreille de fer 85 dont la queue, qui entre de trois pieds dans le bois, eſt déſignée par des lignes ponctuées. Cette queue eſt lardée par des boulons 86, ſerrés avec des liens de fer ; dans cette oreille ſont pratiquées des crapaudines de cuivre, qu'on peut renouveller lorſque le frottement des pivots qui y jouent les a rendues d'un trop grand calibre.

Comme il pourroit arriver qu'une des barres de fer qui compoſent les chaînes 5, 6 de la premiere figure venant à caſſer, en feroit caſſer auſſi pluſieurs autres, par le grand effort de la manivelle qui les fait agir, il y a de 12 toiſes en 12 toiſes une chaîne briſée qui obéit, & qu'on a repréſentée de différens ſens par les figures 12, 13 & 14.

Au reſte voici une récapitulation générale des parties les plus eſſentielles de cette machine, accompagnée des ſupplémens néceſſaires à l'explication précédente.

Deſcription & uſage des 14 roues qui font jouer la machine.

1100. La largeur de la machine comprend 14 courſiers fermés par des vannes qu'on leve & qu'on baiſſe avec des verins ; dans chacun de ces courſiers eſt logée une roue. Ces roues ſont diſpoſées ſur trois lignes, dans la premiere du côté d'amont, il y en a ſept, dans la ſeconde ſix, & dans la troiſieme il n'y en a qu'une ſeule.

Les extrémités des eſſieux de chaque roue excédent leur palier,

& ſont coudées en manivelle, formant un bras de levier de 2 pieds, obſervant que la manivelle qui eſt du côté de la montagne aſpire & refoule l'eau de la riviere dans le premier puiſard, & que l'autre manivelle fait mouvoir les balanciers.

Des roues qui ſont ſur la premiere ligne, il y en a ſix qui font agir, par une de leurs manivelles, un équipage de 8 pompes, ſans compter la mere nourrice. Ces équipages ſont compoſés d'un balancier, à chaque extrémité duquel pend une piece de bois quarrée, qui porte & dirige quatre piſtons; le balancier eſt mis en mouvement par le moyen de deux bielles: l'une couchée, répond à la manivelle de la roue & à un varlet vertical, & l'autre pendante, eſt unie au même varlet & au balancier.

Des ſix roues dont nous venons de parler, il y en a cinq qui par l'autre manivelle font agir les pompes du puiſard à mi-côte, à l'aide des varlets horiſontaux & des chaînes qui communiquent le mouvement. La ſixieme roue, qui eſt la premiere du côté de la digue, conduit une grande chaîne qui fait agir les piſtons d'une des baches du puiſard ſuperieur, que l'on nomme puiſard des grands chevalets. A l'égard de la ſeptieme roue de la premiere ligne, chacune de ſes manivelles conduit une chaîne qui aboutit au premier puiſard.

Les ſix roues de la ſeconde ligne font agir, par chacune de leur manivelle, une chaîne qui aboutit au puiſard ſuperieur, ce qui fait 13 chaînes, y compris celle qui répond à la ſixieme roue de la premiere ligne. Ces treize chaînes paſſent par un des puiſards à mi-côte, là il y en a cinq qui font agir enſemble les piſtons de 30 corps de pompes, & les huit autres chaînes vont droit au puiſard ſuperieur.

Enfin la roue qui ſe trouve ſur la troiſieme ligne, fait agir par chacune de ſes manivelles un équipage de 8 pompes aſpirantes & refoulantes, & entretient elle ſeule un tuyau.

Pompes proviſionnelles, placées au-deſſous du premier puiſard.

1101. Les ſept chaînes des roues de la premiere ligne font auſſi agir en paſſant 8 pompes aſpirantes, placées un peu au-deſſous du réſervoir à mi-côte, parce qu'en cet endroit ſe trouvent les eaux d'une ſource conſidérable qu'on y a amenée par un aqueduc. Les mêmes chaînes reprennent l'eau de ce puiſard pour la refouler dans 49 pompes au puiſard ſuperieur, par deux conduites de 8 pouces, & par trois autres de 6 pouces de diametre. A l'égard des trente pompes de l'autre puiſard de mi-côte, elles refoulent auſſi l'eau par deux conduites de 8 pouces, juſqu'au puiſard ſuperieur.

L'eau que les deux puiſards à mi-côte ont refoulée, va ſe décharger dans un grand réſervoir, & de-là par deux conduits d'un pied de diametre, elle ſe rend dans des réſervoirs de communication, pour être diſtribuée à chaque bache du puiſard ſuperieur, d'où elle eſt refoulée par 82 pompes dans 6 conduits de 8 pouces de diametre, juſques ſur la tour qui répond à l'aqueduc.

Les huit grandes chaînes qui vont droit au puiſard ſuperieur, & qui ne ſont point chargées d'équipage à mi-côte, font agir derriere le puiſard ſuperieur ſeize pompes aſpirantes, pour ramener dans le réſervoir du même puiſard l'eau qui ſe perd des ſix tuyaux qui montent à la tour.

Diſtribution des pompes de la machine.

1102. Les huit équipages qui aſpirent & refoulent l'eau de la riviere, comprennent 64 corps de pompes; les deux puiſards à mi-côte en comprennent enſemble 79, & les puiſards ſuperieurs 82, auſquels ajoutant les 8 pompes aſpirantes que nous avons appellé *mere nourrice*, enſuite les 8 autres qui ſont au-deſſous du puiſard à mi-côte, & les 16 que nous avons dit être placées derriere le puiſard ſupérieur, on trouvera que la machine en comprend 253.

Le baſſin de la tour qui répond à l'aqueduc & qui reçoit l'eau de la riviere, en eſt éloigné de 610 toiſes; ce baſſin eſt élevé de 500 pieds au-deſſus de l'extrémité inferieure des tuyaux d'aſpiration des équipages d'en bas.

Les pompes qui ſont ſur la riviere aſpirent l'eau ſur une hauteur de 13 pieds, depuis le fond des courſiers juſqu'aux ſoupapes; elle eſt refoulée dans cinq conduits de 8 pouces de diametre juſqu'aux puiſards à mi-côte.

L'eau, après avoir coulé ſur un aqueduc de trente-ſix arcades, eſt ſéparée en différens canaux, qui la conduiſent à Marly, & autrefois à Verſailles & à Trianon.

Capacité des réſervoirs de Marly & de Lucienne, avec le produit de la machine.

1103. Les réſervoirs de Marly ont 18700 toiſes quarrées de ſuperficie ſur 15 pieds de profondeur; celui de Lucienne a 24500 toiſes quarrées de ſuperficie, & auſſi 15 pieds de profondeur.

Lorſqu'autrefois la machine agiſſoit dans toute ſa force & que les eaux de la riviere étoient hautes, elle donnoit en 24 heures dans le réſervoir de Marly, trois pouces de hauteur d'eau, ce qui fait 779 toiſes cubes, ou à-peu-près 292 pouces d'eau; mais communément elle n'en fournit gueres que la moitié.

Il y a environ ſoixante ouvriers qui veillent continuellement à l'entretien de cette fameuſe machine, ſous la conduite de M. *Delepine*, qui en eſt Contrôleur.

CHAPITRE V.

Qui comprend la description & l'analyse de la machine hydraulique appliquée au pont Notre-Dame à Paris, avec le projet que l'on a exécuté pour la rectifier, afin de la rendre capable de fournir une plus grande abondance d'eau.

Discours préliminaire sur la police qu'observoient les Romains pour la conduite des eaux.

1104. IL n'y a point eu de Nation qui se soit plus appliquée à la conduite des eaux que les Romains ; leur magnificence n'ayant pas moins éclaté dans les ouvrages qu'ils ont faits pour ce sujet, que dans les autres monumens, dont on ne peut voir les restes sans admiration. L'Art d'amener les eaux des sources éloignées, pour les conduire dans les villes qui en avoient besoin, principalement à Rome, la distribution qui en devoit être faite aux citoyens, soit en public ou en particulier, étoit considerée des Princes & des premiers Magistrats d'une assez grande conséquence, pour mériter toute leur attention.

On prétend que ce fut le Roi *Ancus Martius* qui fit travailler le premier à conduire à Rome les eaux de la Fontaine *Piconia* ; pour cela il fit percer des montagnes, par des voûtes dont la construction étoit admirable, & soutenir l'eau dans les vallées sur des aqueducs d'une hauteur extraordinaire. Par la suite ces travaux furent multipliés considérablement, & il y eut jusqu'à neuf ou dix de ces principaux aqueducs qui conduisoient à Rome plus de cinq millions de muids d'eau en 24 heures, qui alloient se rendre dans de grands bassins clos & couverts de bâtimens ; de là elle étoit emmenée par des tuyaux souterreins à des fontaines situées dans les différens quartiers. Ces fontaines faisoient un des principaux ornemens de la Ville, étant accompagnées de statues de marbre & de bronze. Sous l'Empire d'*Auguste* il y avoit peu de notables citoyens qui n'eussent chez eux un bassin d'eau vive.

Indépendamment des sources, on ramassoit encore toutes les eaux qui n'étoient pas bonnes à boire, comme celles qui se dégorgeoient des fontaines, & celles qui tomboient du ciel ; elles alloient se rendre dans d'autres réservoirs, servant à abreuver les animaux : de-là elles étoient conduites par des tuyaux dans les maisons des Corroyeurs & autres Artisans, qui avoient besoin d'eau pour leurs ouvrages ; & après qu'elles avoient servi à plusieurs

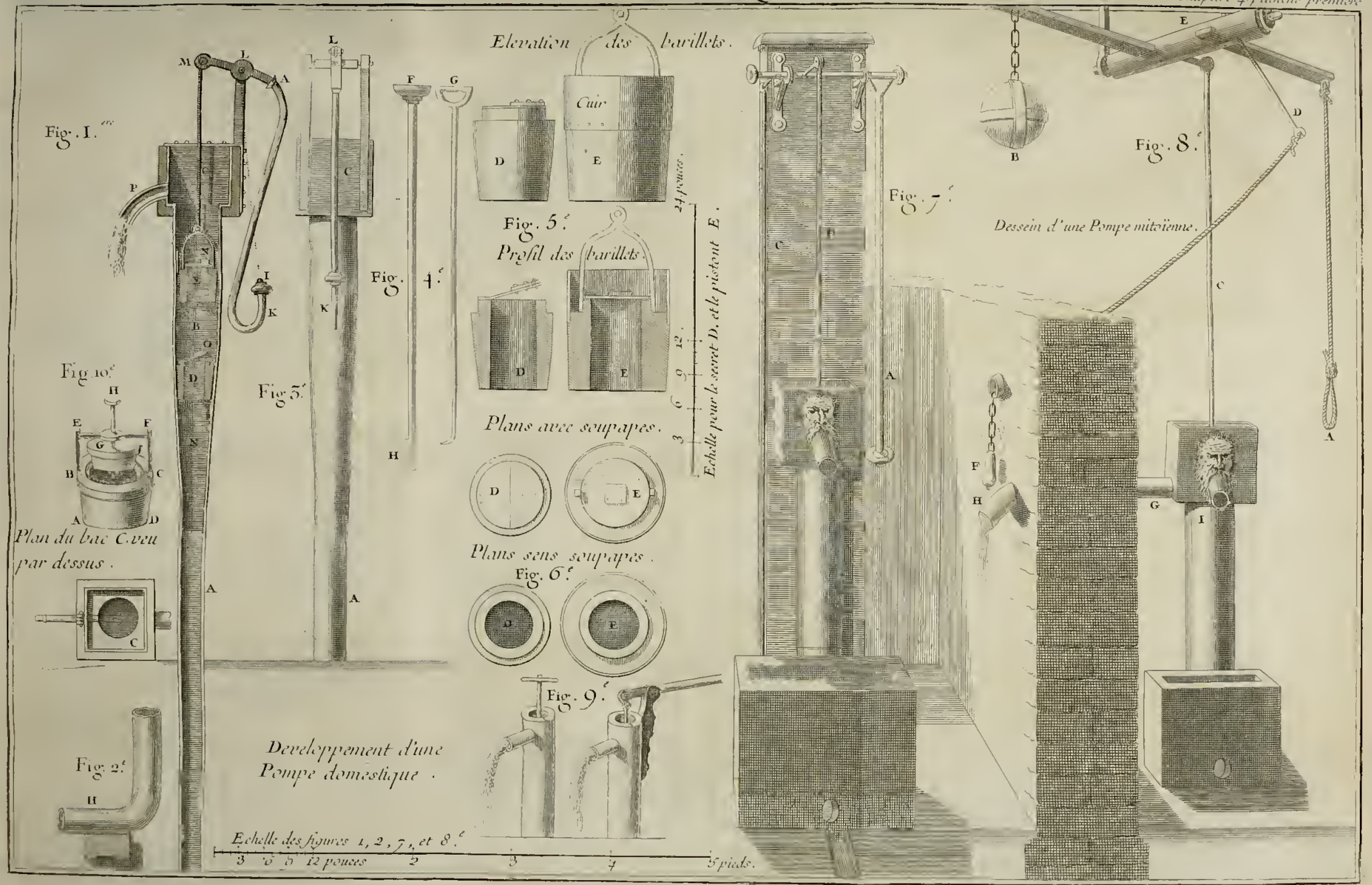
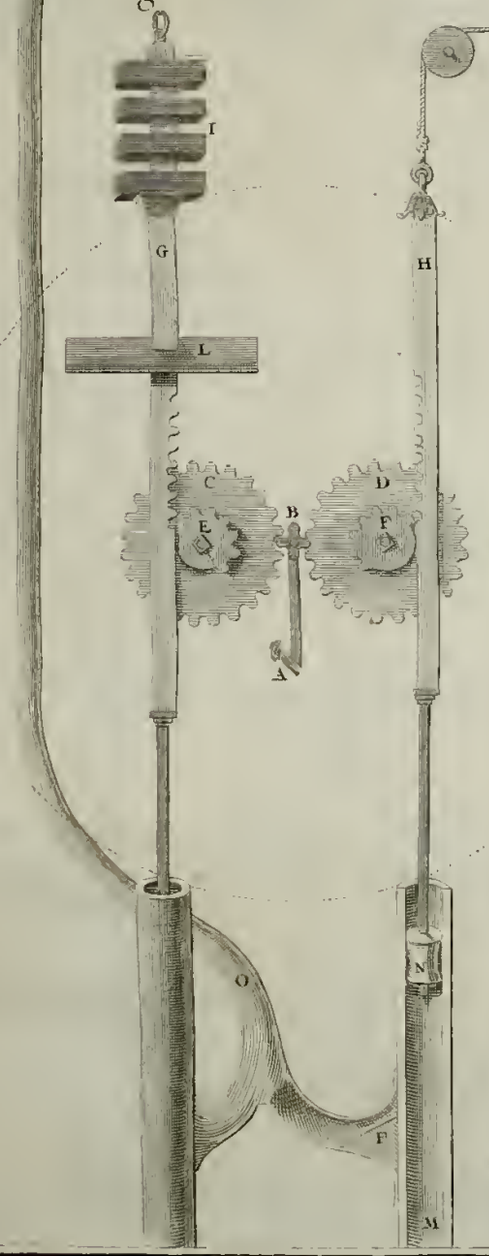


Fig. 1.er
Fig. 2.e
Fig. 3.e
Fig. 4.e
Elevation des barillets.
Cuir
Fig. 5.e
Profil des barillets.
24 pouces.
Echelle pour le secret D. et le piston E.
Plans avec soupapes.
Plans sans soupapes.
Fig. 6.e
Fig. 7.e
Fig. 8.e
Fig. 9.e
Fig 10.e
Plan du bac C. veu par dessus.
Developpement d'une Pompe domestique.
Dessein d'une Pompe mitoïenne.
Echelle des figures 1, 2, 7, et 8.e
3 6 9 12 pouces 2 3 4 5 pieds.

Nouvelle machine pour faire joüer des Pompes Foulantes & Aſpirantes.

Fig. I.



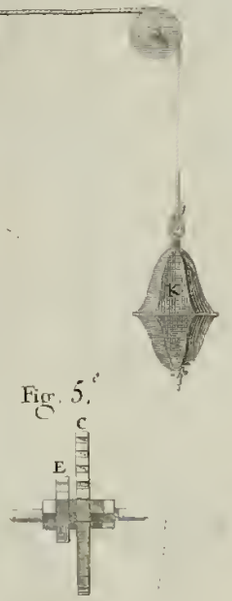


Fig. 5.

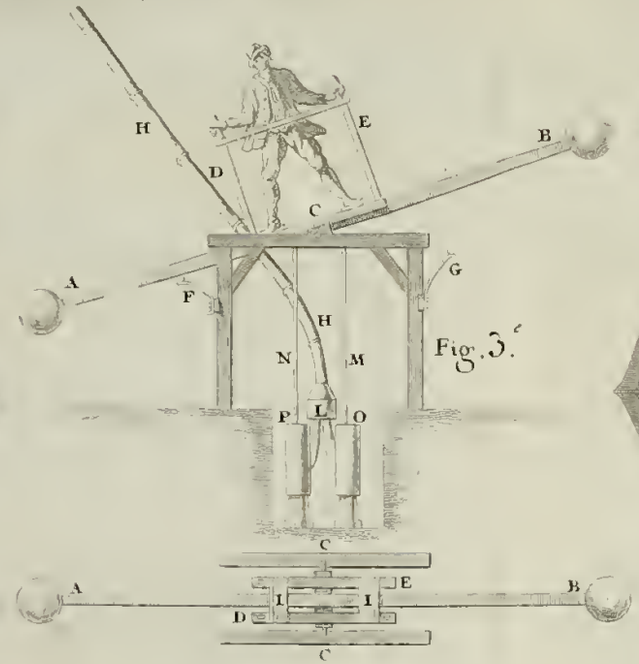


Fig. 3.

Autre machine fort ſimple pour faire joüer des Pompes.

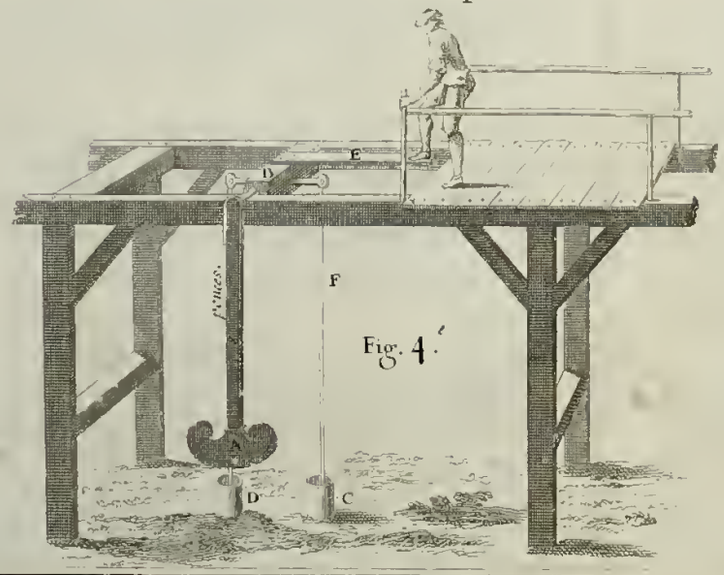


Fig. 4.

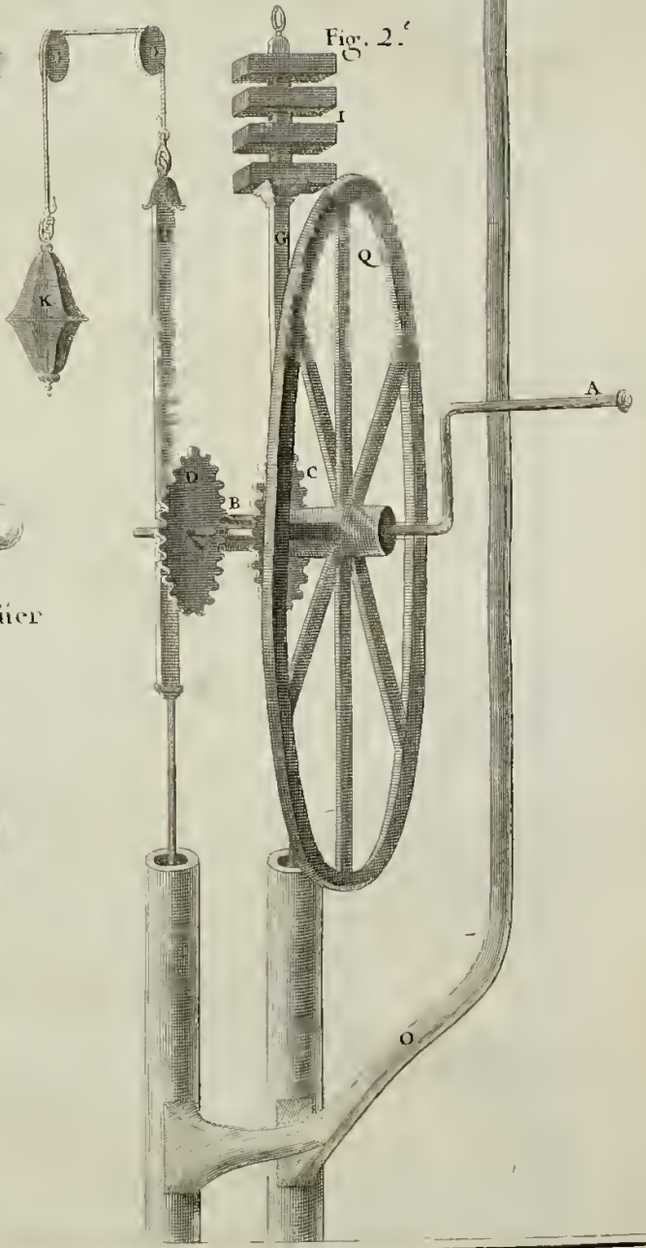
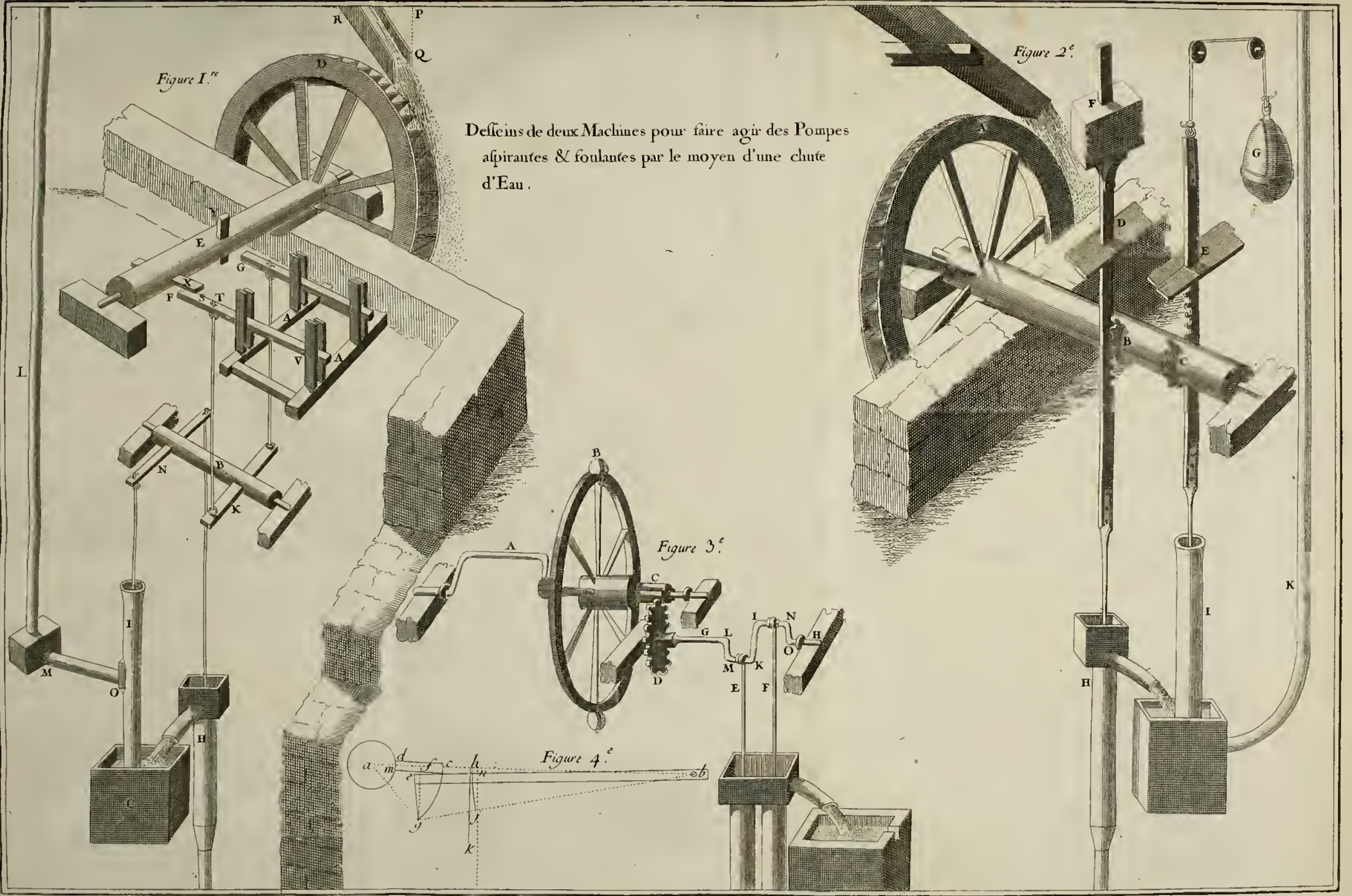


Fig. 2.

Desseins de deux Machines pour faire agir des Pompes aspirantes & foulantes par le moyen d'une chute d'Eau.



Dévelopemens d'une Machine executée à Nymphenbourg

Fig. 2.e

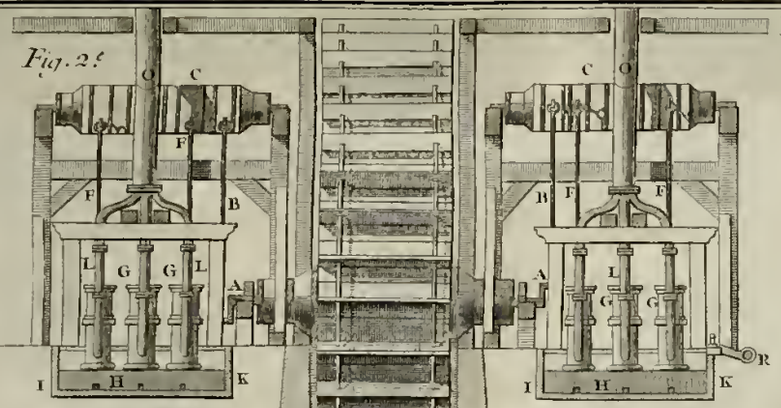


Fig. 1.re

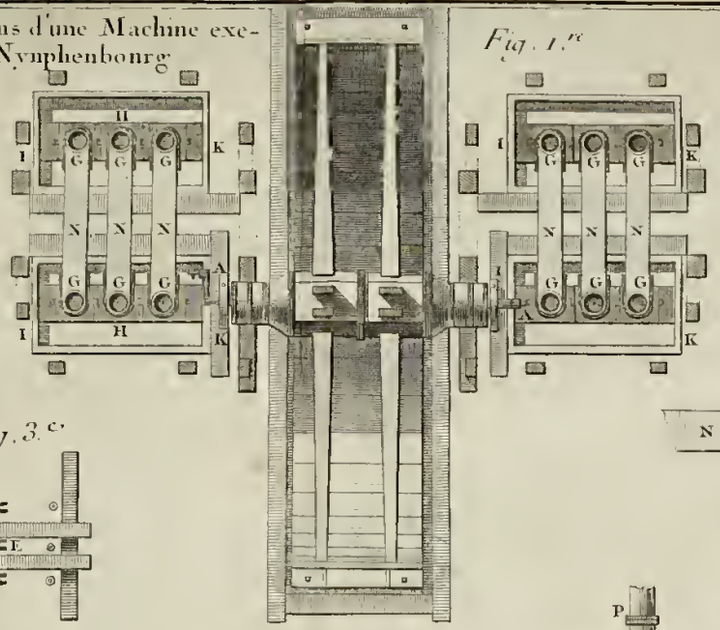


Fig. 3.e

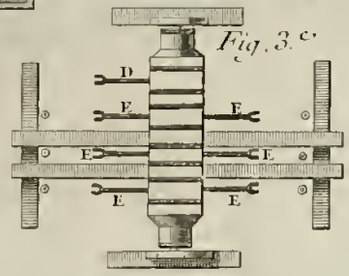


Fig. 4.e

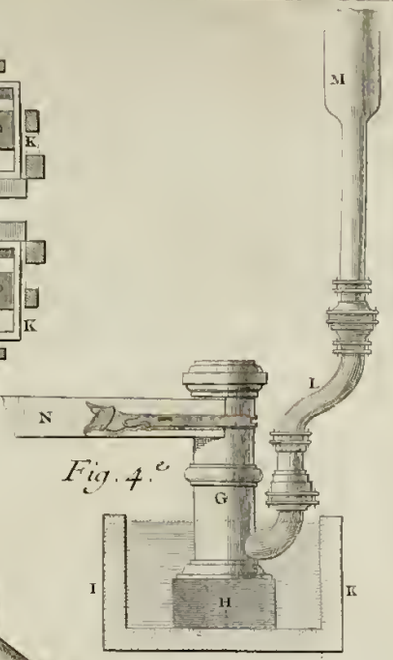


Fig. 5.e

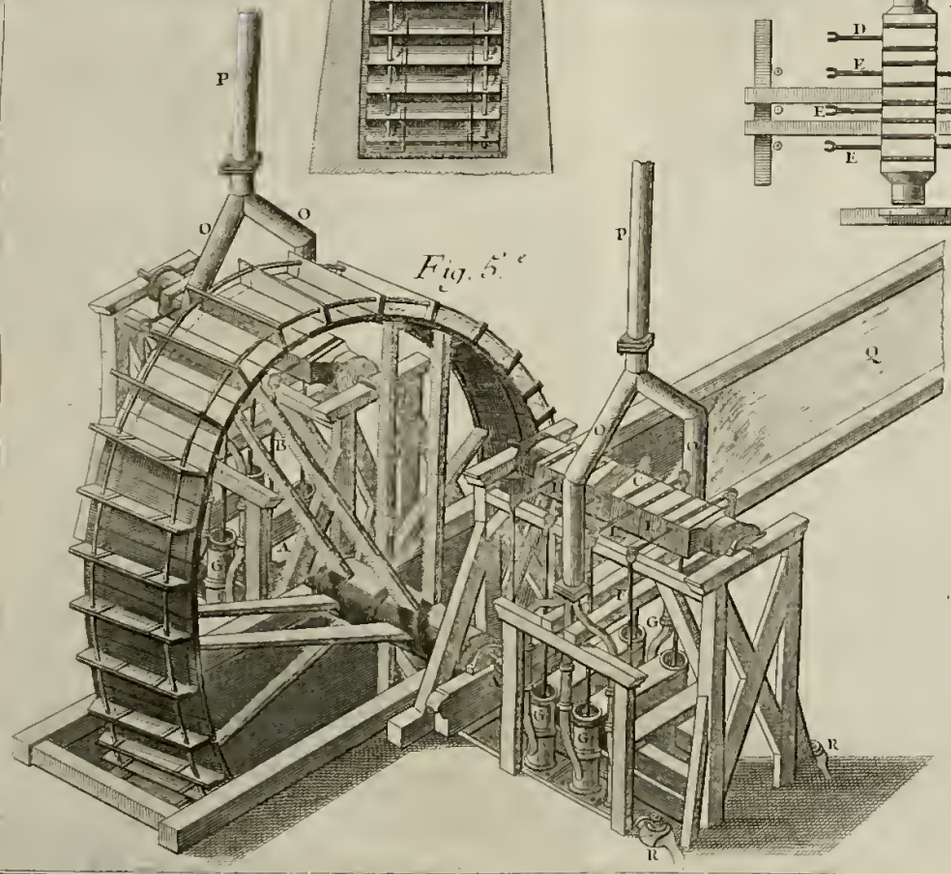
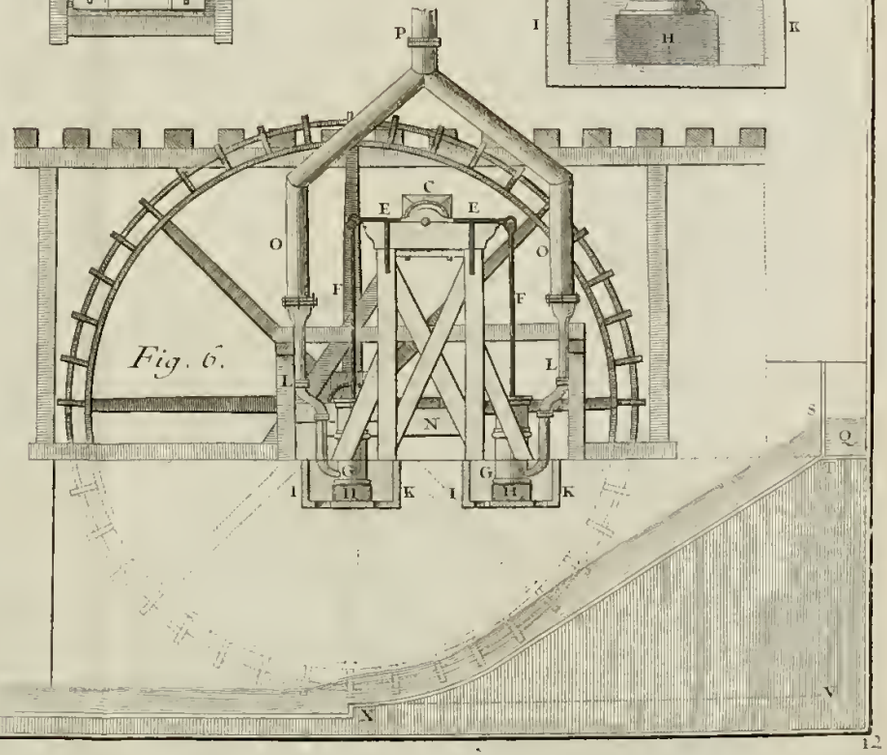


Fig. 6.



Dheulant Sculp.

12

Plan d'une Machine a élever l'eau executée au Val S.t Pierre.

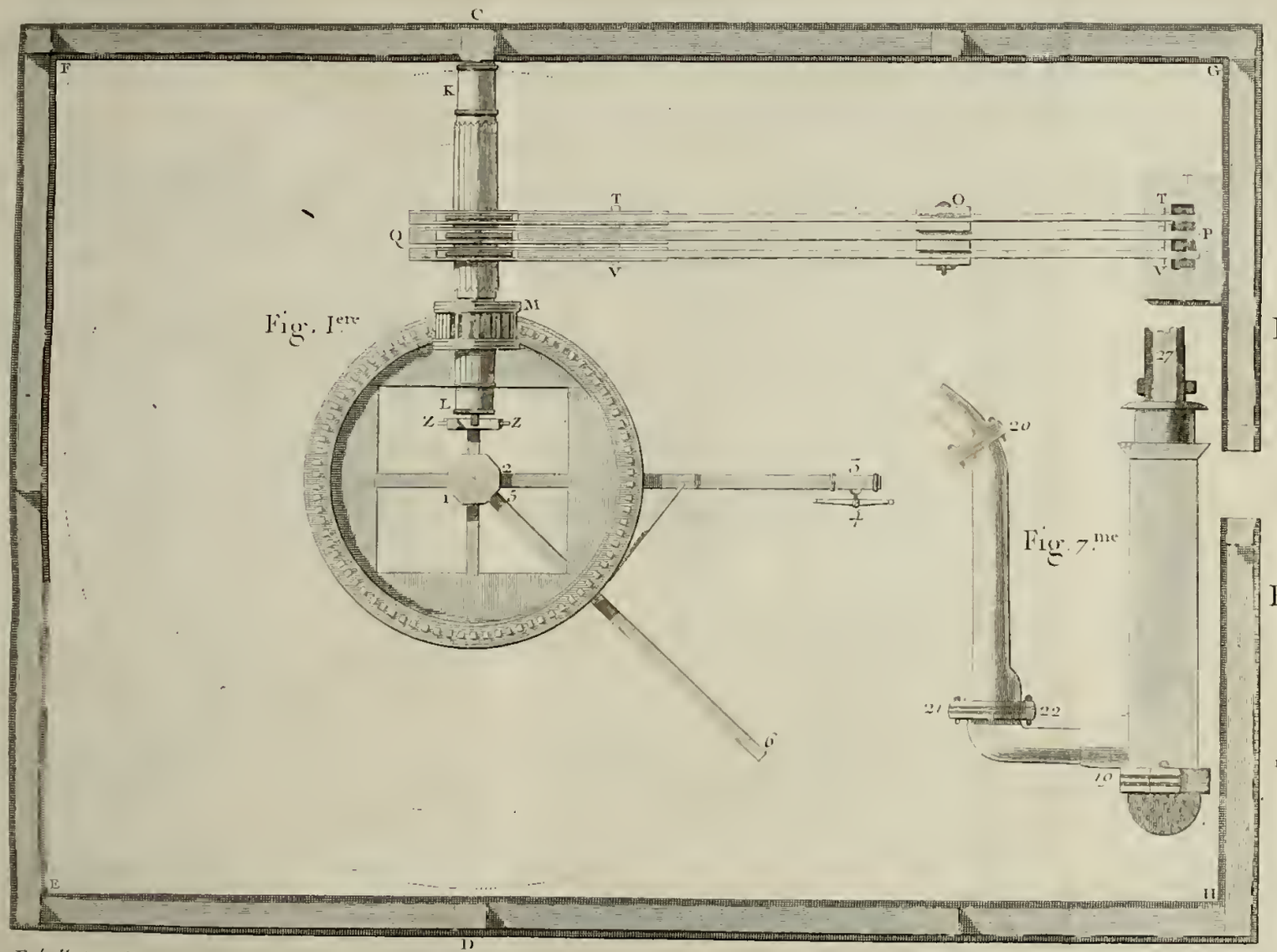


Fig. I.ere

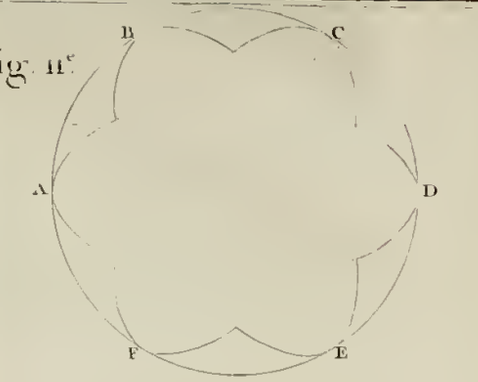


Fig. II.e

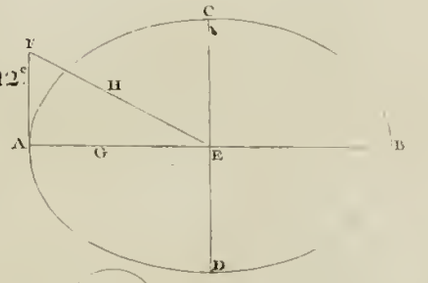


Fig. 12.e

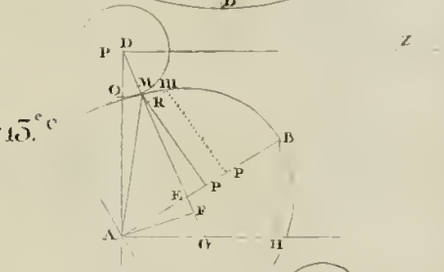


Fig. 13.e e

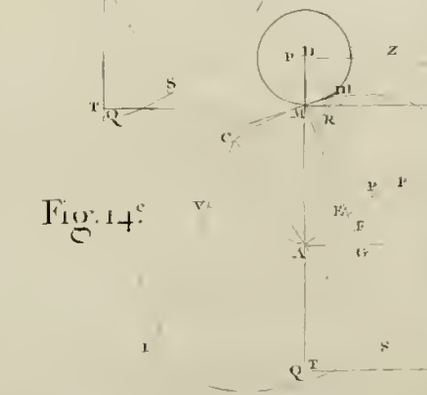


Fig. 14.e

Fig. 7.me

Echelle des Figures 11.12.13.14.15.me

0 1 2 3 4 5 6 pouces

Echelle du Plan de la Machine

1 2 3 4 5 6 12 18 pieds

Echelle de la - 8.e et 10.me

1 2 3 4 5 6 12 pouces

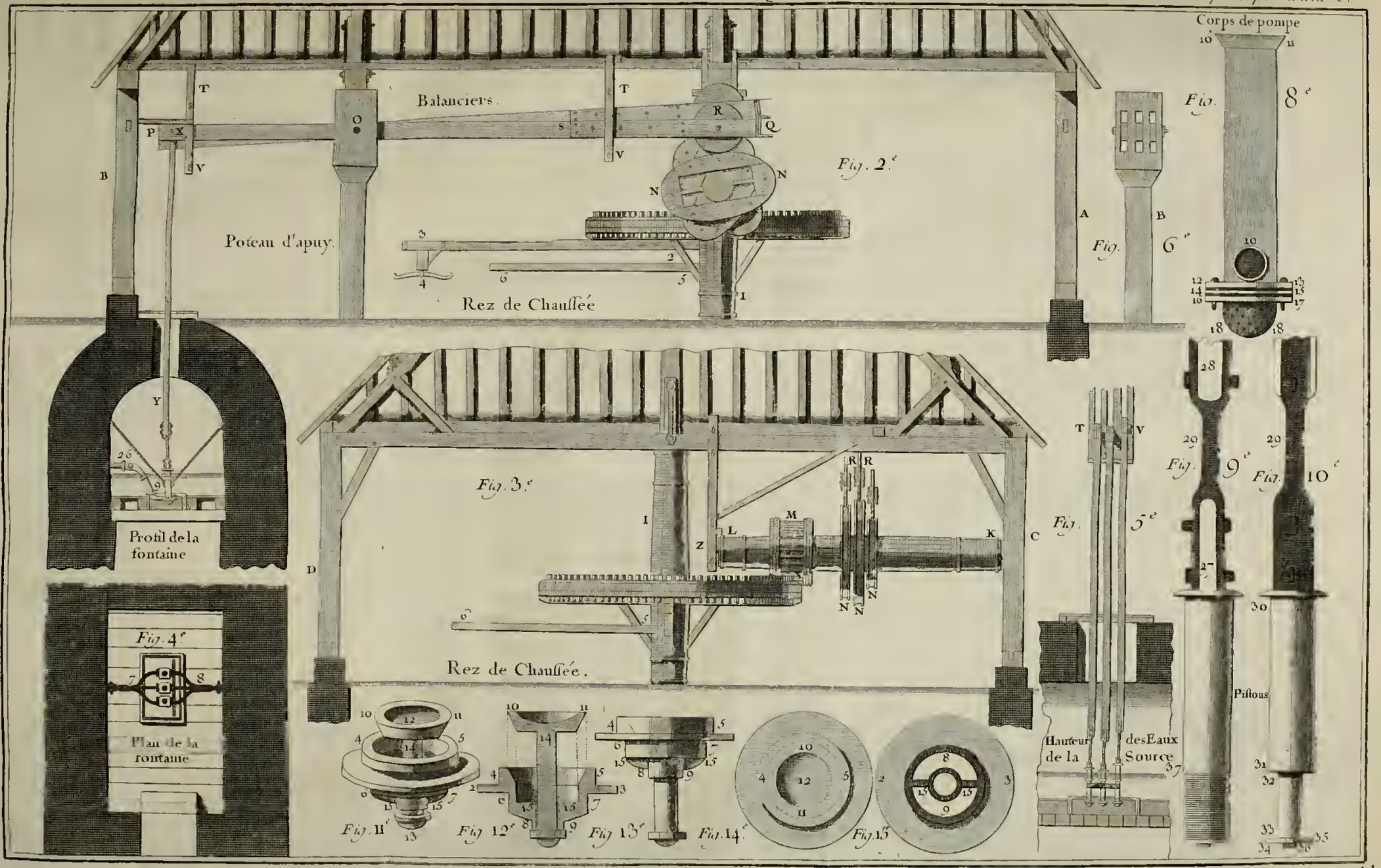

Balanciers.
Poteau d'apuy.
Rez de Chaussée
Fig. 2.e
Profil de la fontaine
Fig. 4.e
Plan de la fontaine
Fig. 3.e
Rez de Chaussée.
Fig. 11.e
Fig. 12.e
Fig. 13.e
Fig. 14.e
Fig. 15
Fig. 6.e
Corps de pompe
Fig. 8.e
Fig. 5.e
Hauteur de la Source
des Eaux
Fig. 9.e
Fig. 10.e
Pistons

Fig. 1re

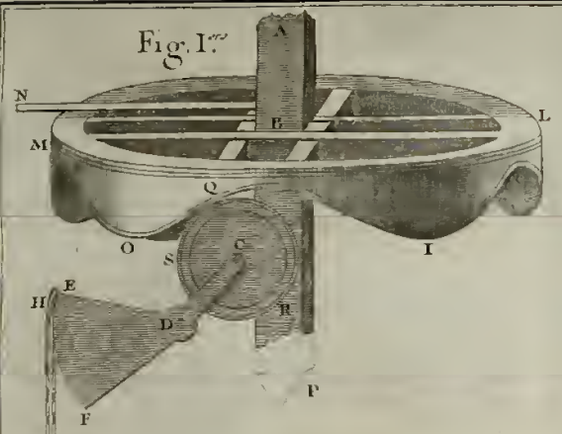


Fig. 2e

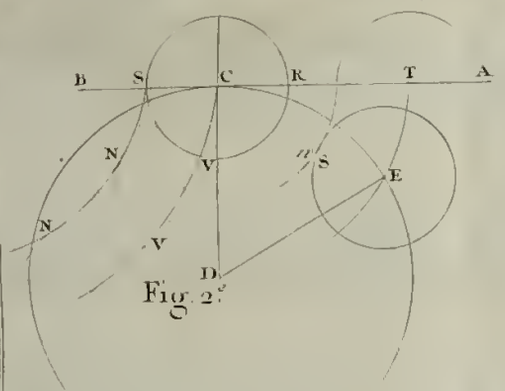


Fig. 3e

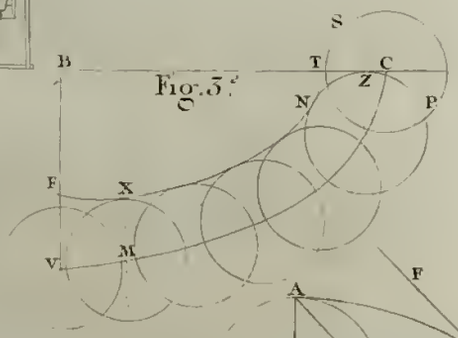


Fig. 4e

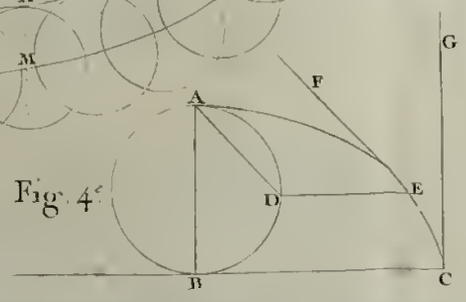


Fig. 9e

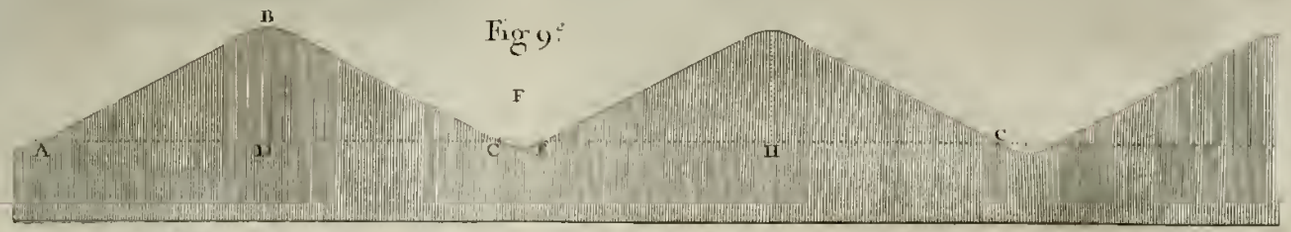


Fig. 5e

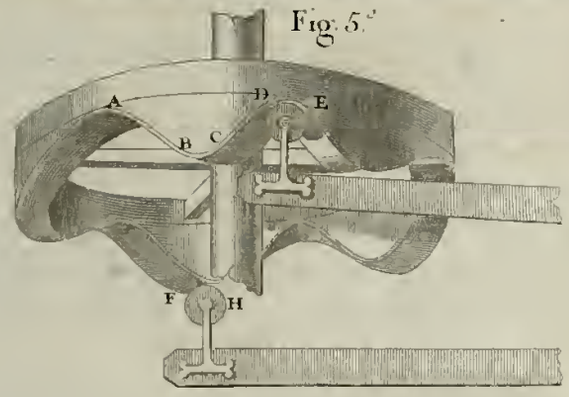


Fig. 7e

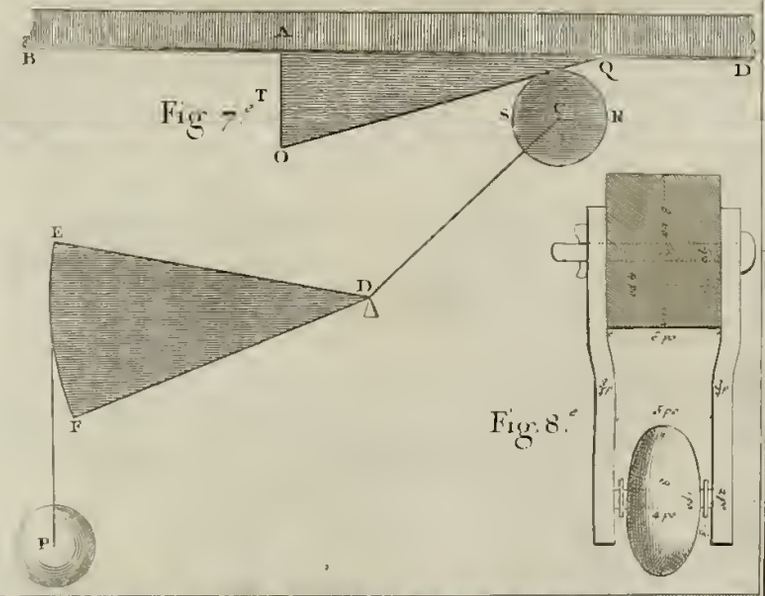
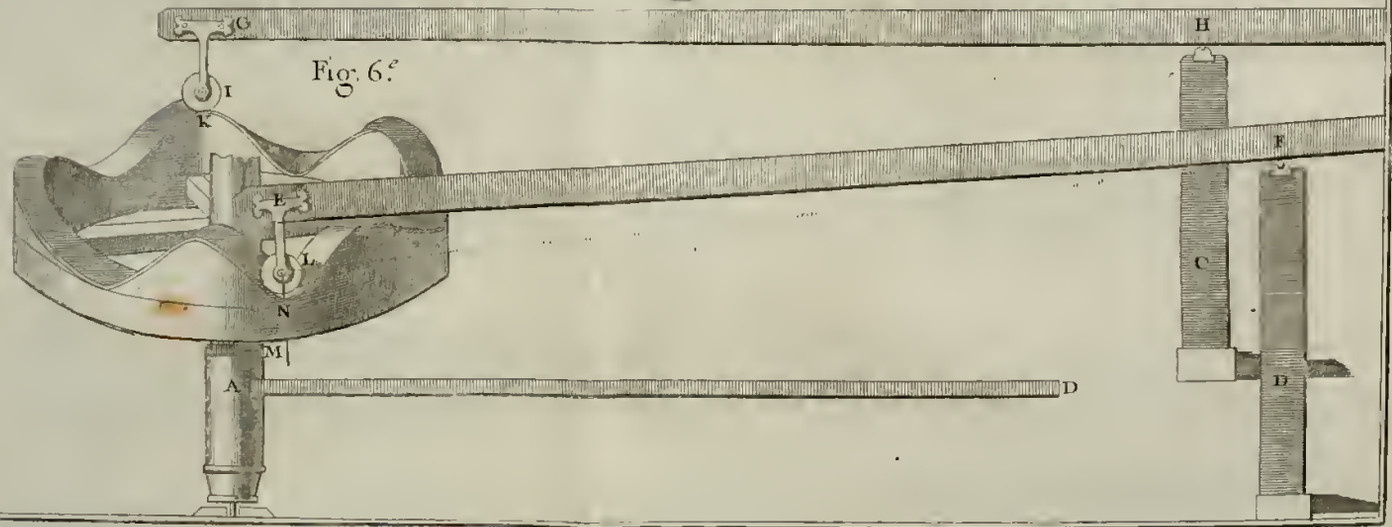


Fig. 8e

Fig. 6e

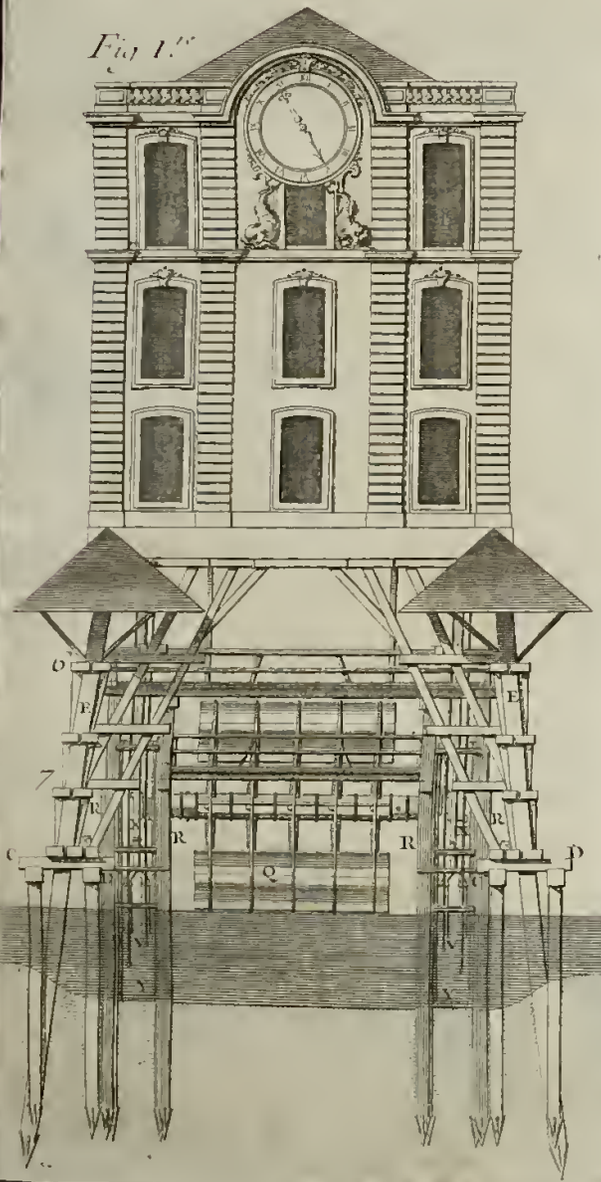


Élevation du Batiment qui comprend la Machine hydraulique, appliquée au pont neuf à Paris

Echelle des Elevations

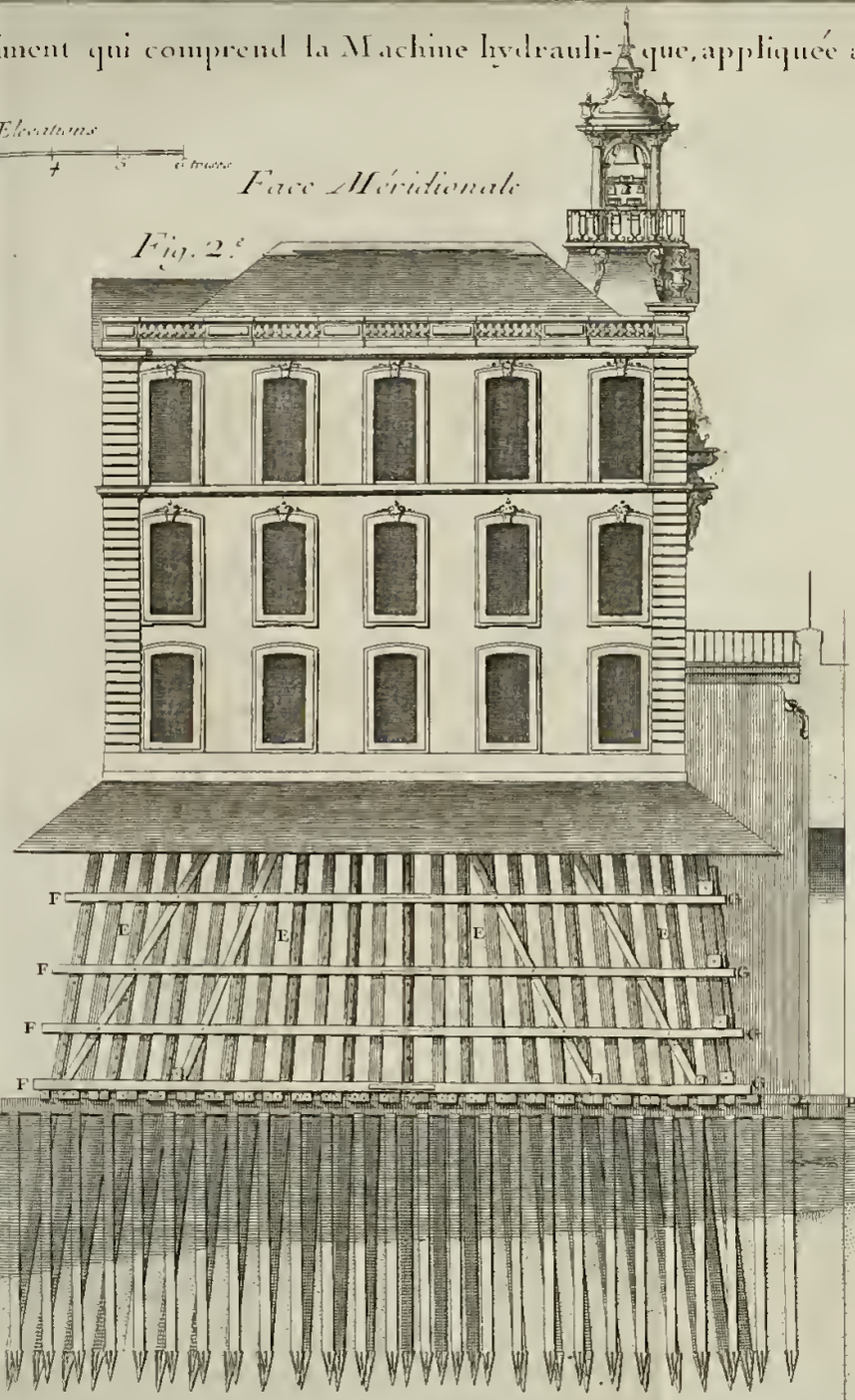
Face Occidentale

Fig. 1.re



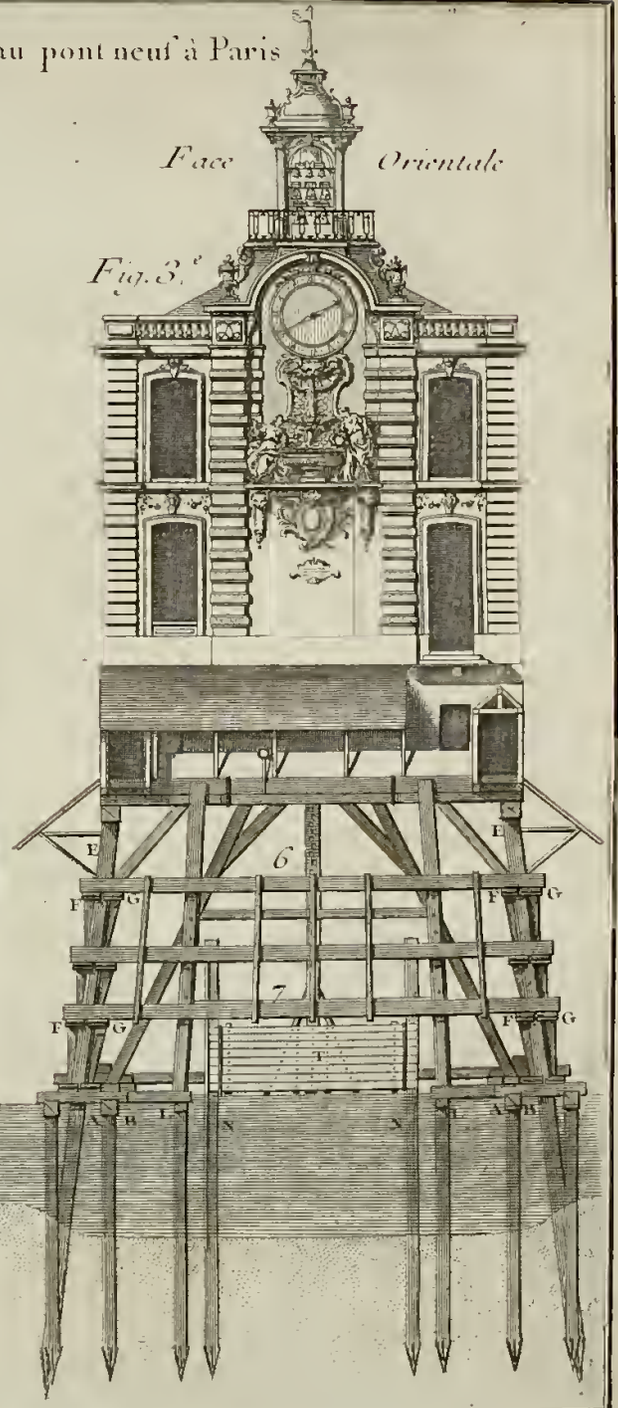
Face Méridionale

Fig. 2.e



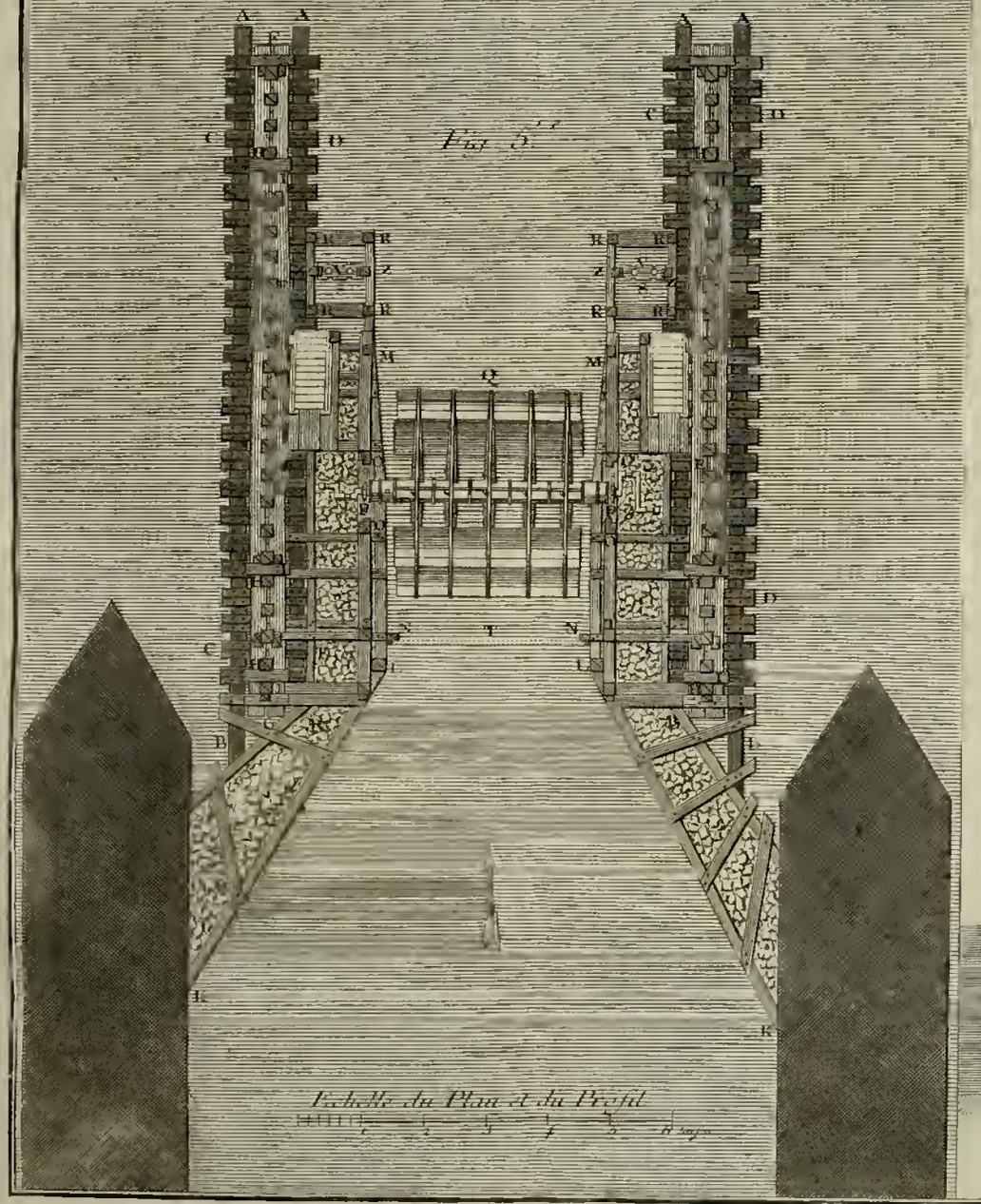
Face Orientale

Fig. 3.e



Plan du Rader

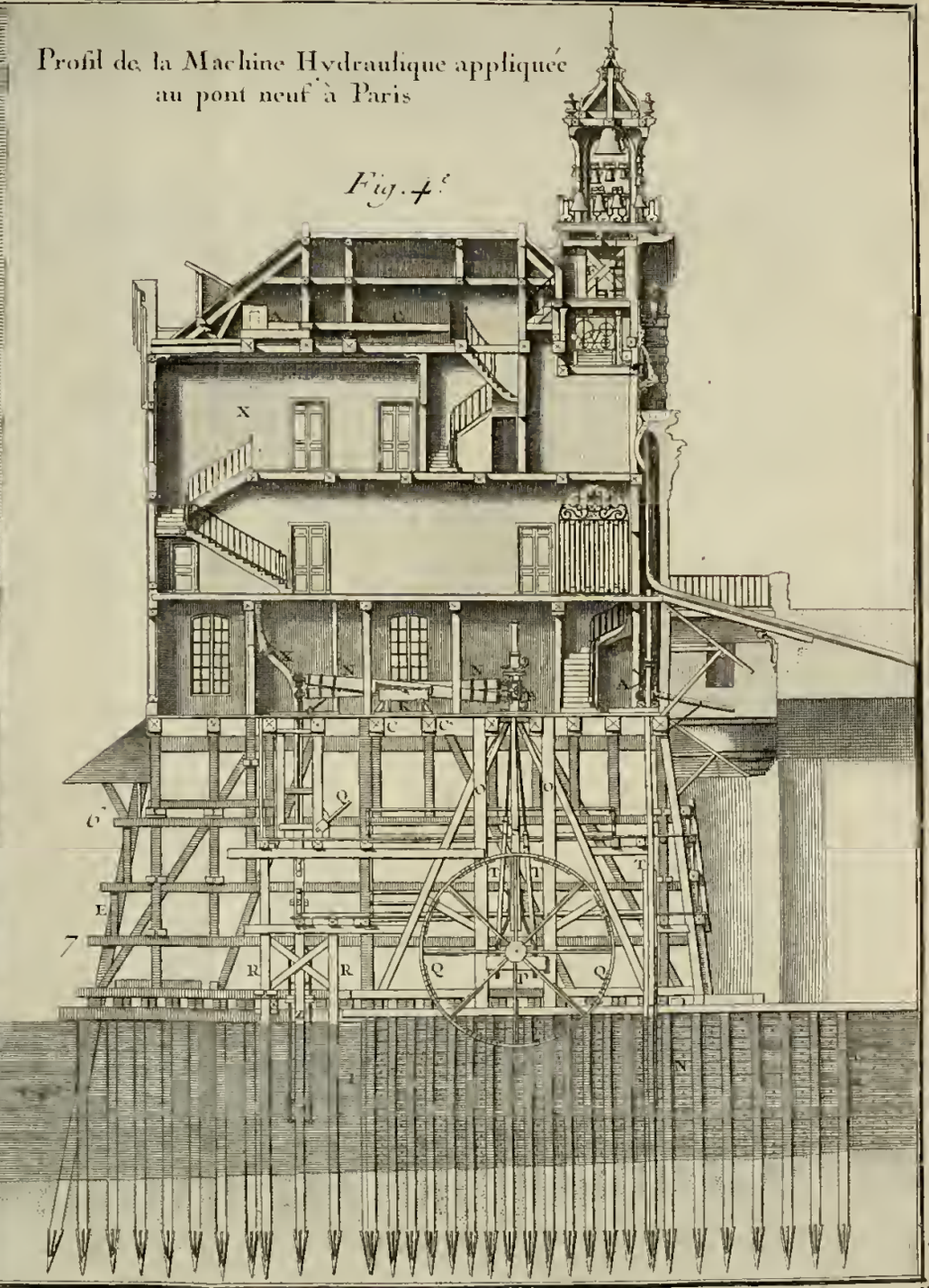
Fig. 5e.



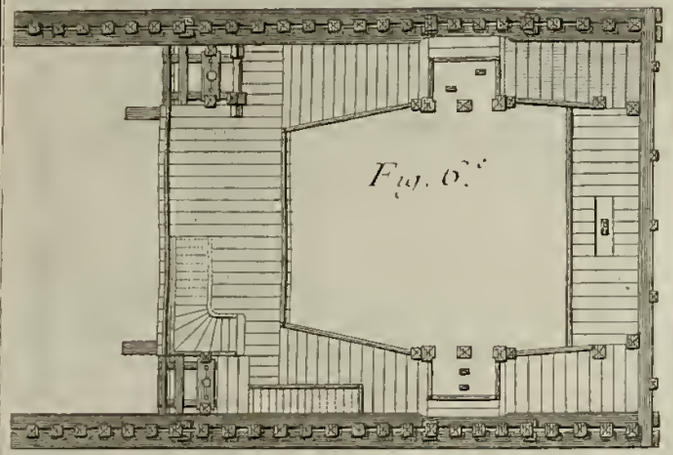
Echelle du Plan et du Profil

Profil de la Machine Hydraulique appliquée au pont neuf à Paris

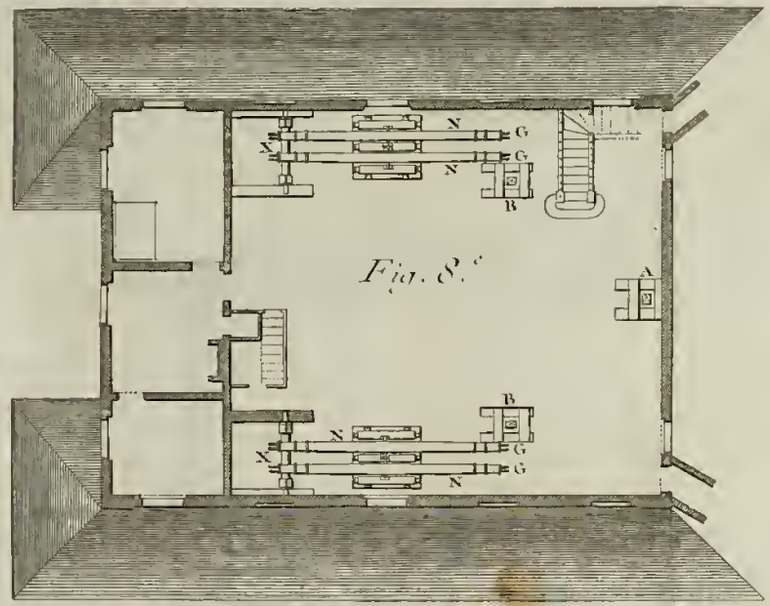
Fig. 4e.



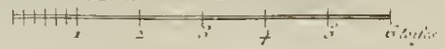
Plan du premier plancher



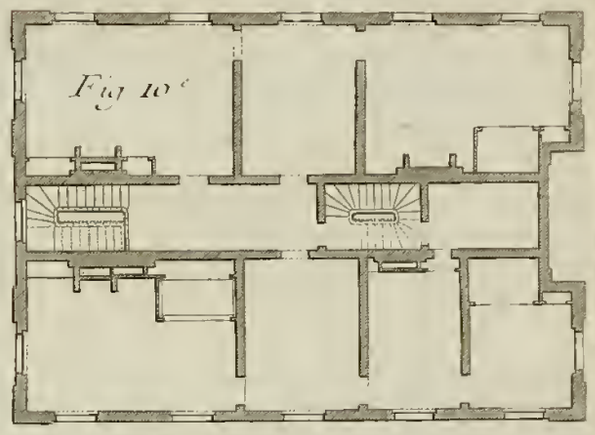
Plan du troiſieme plancher



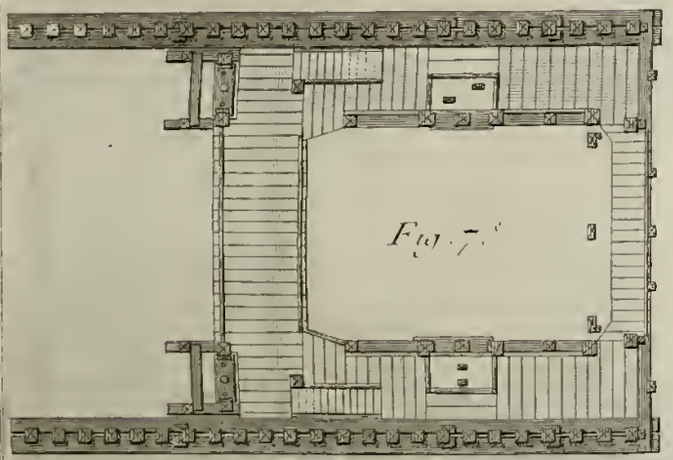
Echelle des Plans



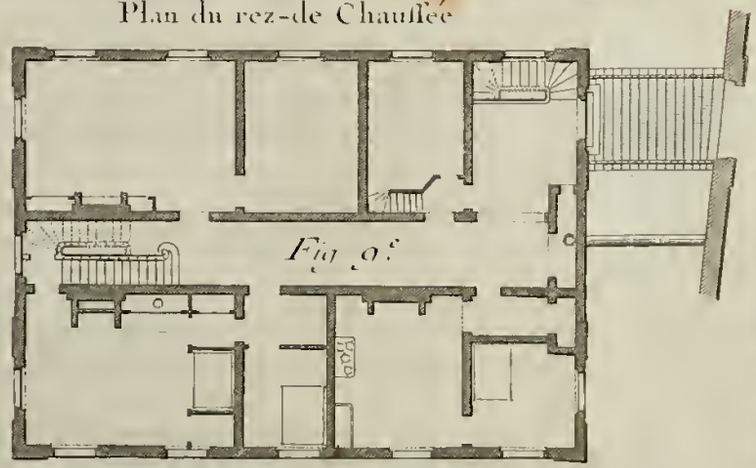
Plan du premier Etage



Plan du ſecond plancher



Plan du rez-de Chauſſée



Plan du ſecond Etage

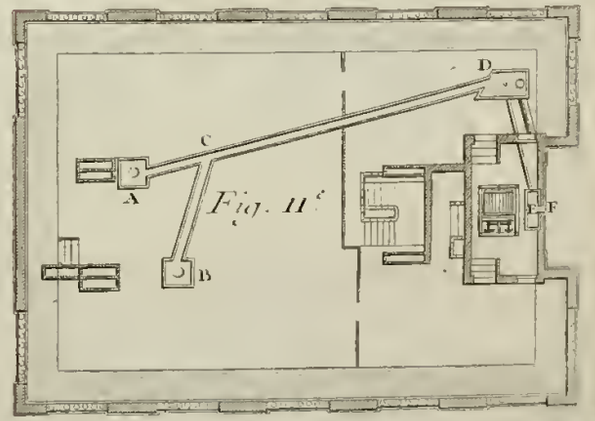
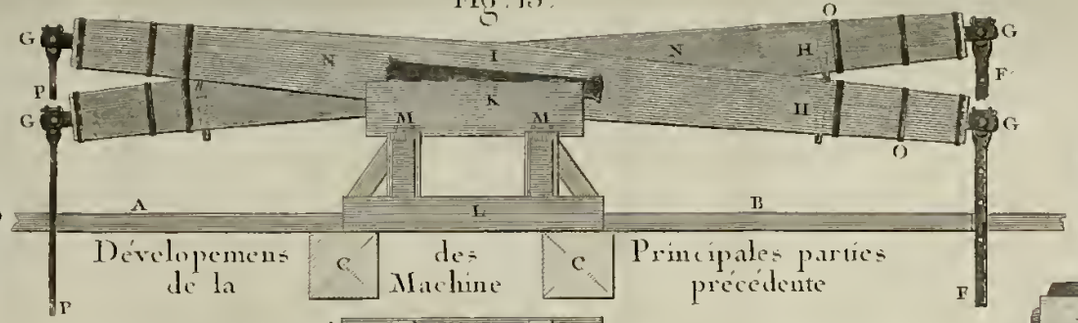


Fig. 13e



Développemens de la Machine des Principales parties précédente

Fig. 12e

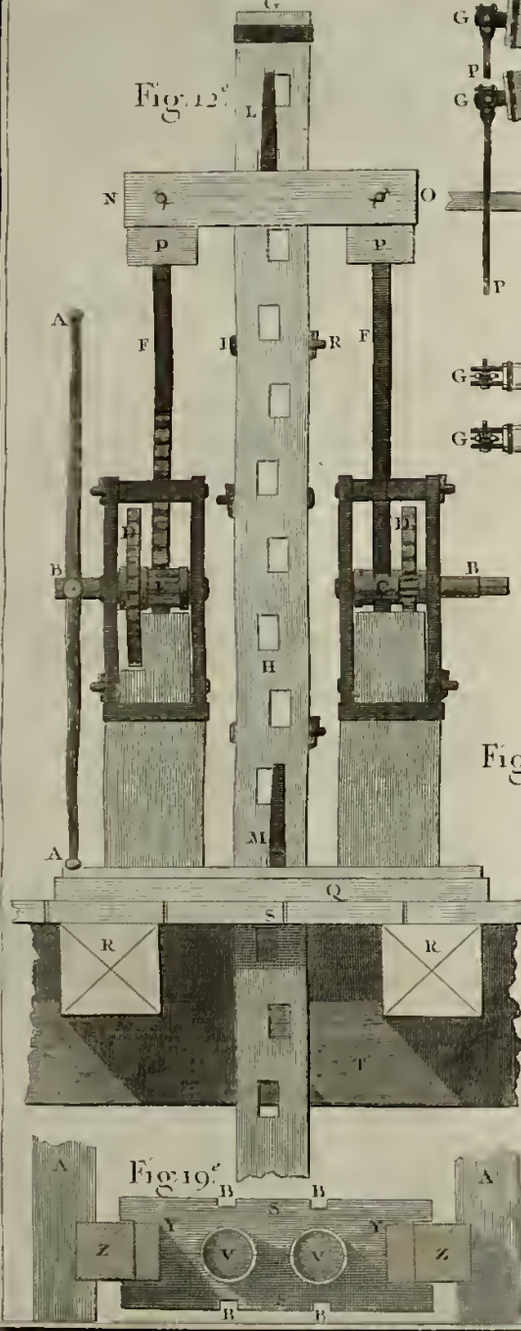


Fig. 14e

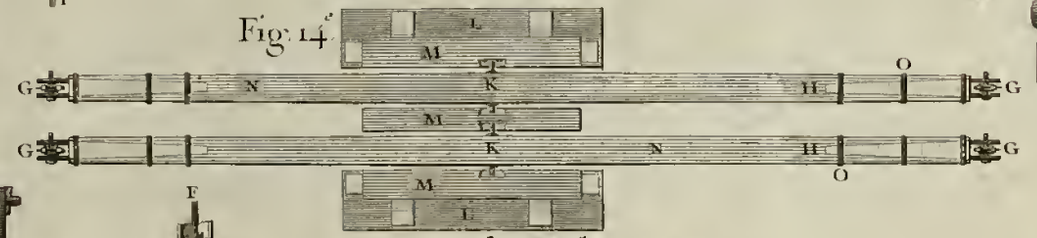


Fig. 17e

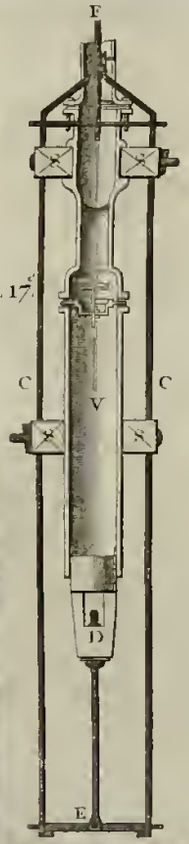


Fig. 18e

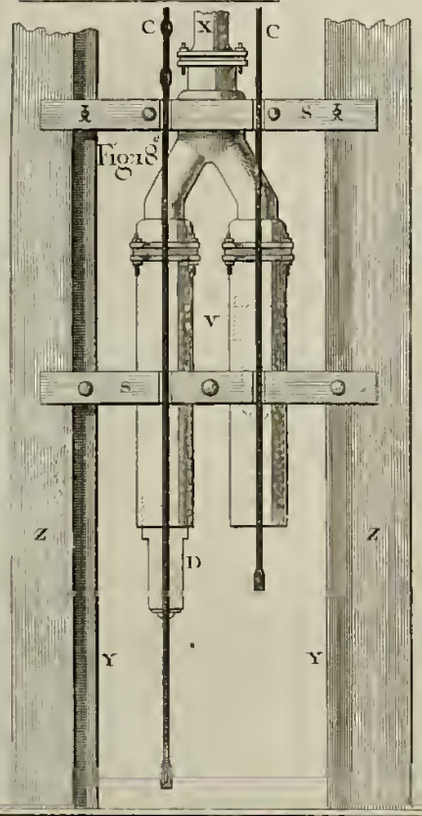


Fig. 19e

Fig. 15e

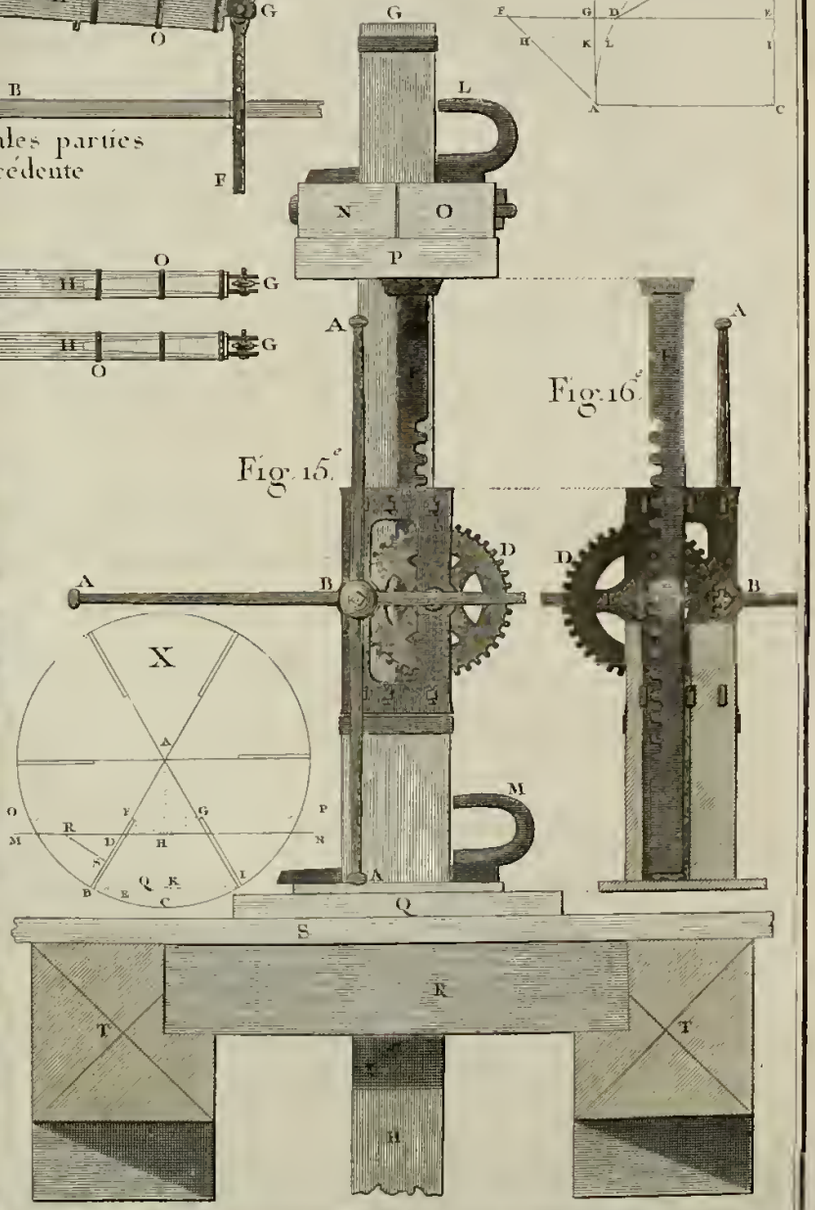


Fig. 16e

Suite des Dévelopemens de la même Machine

Fig. 20.

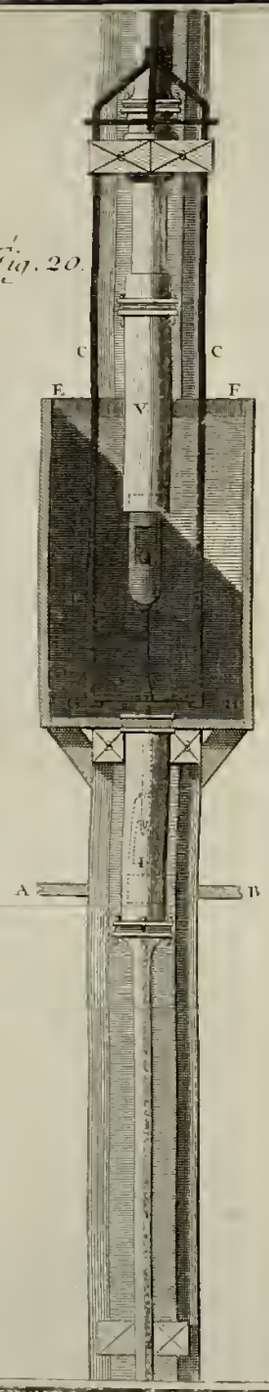


Fig. 21.

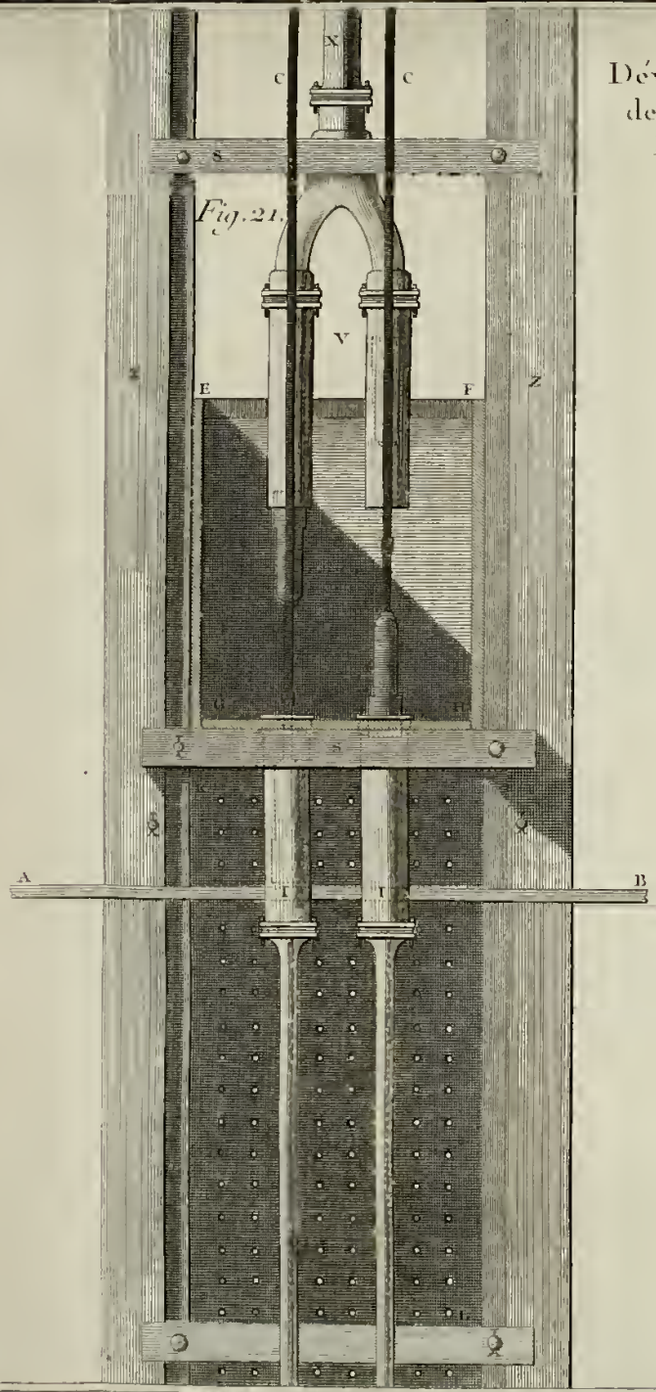


Fig. 22e

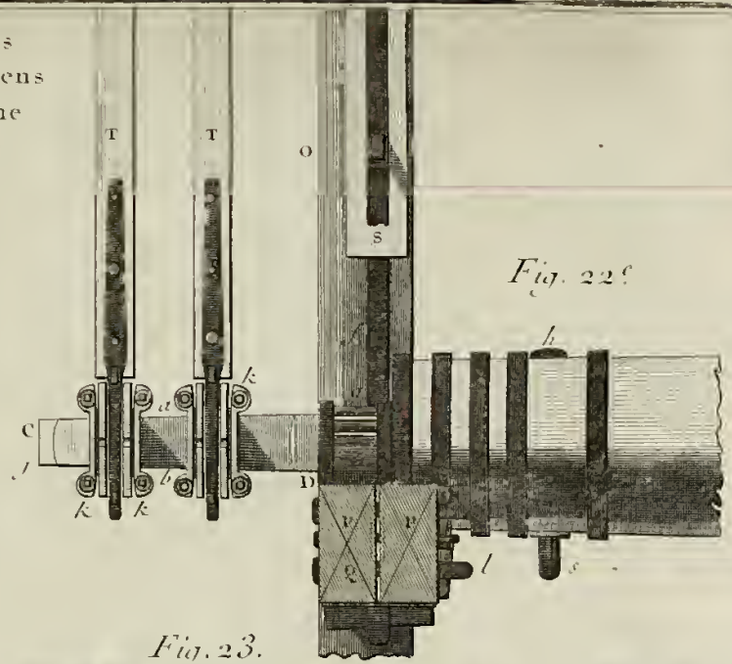
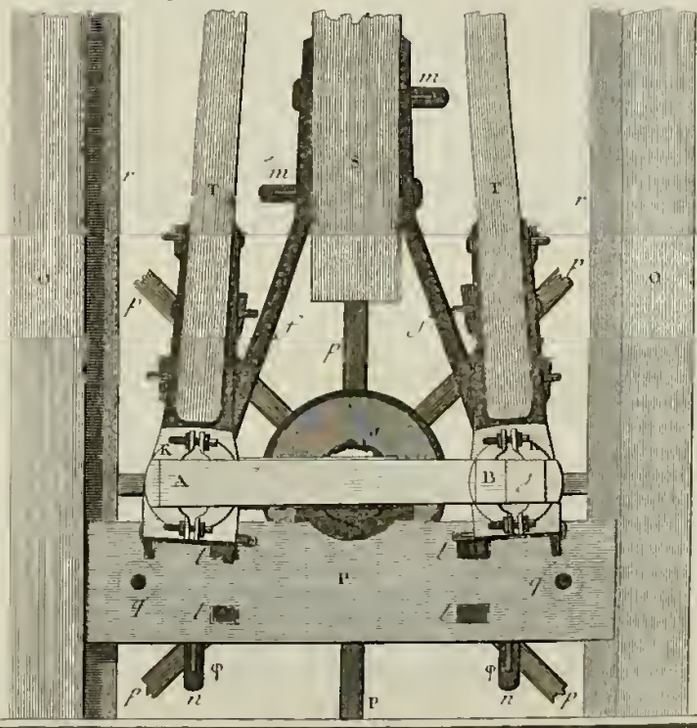
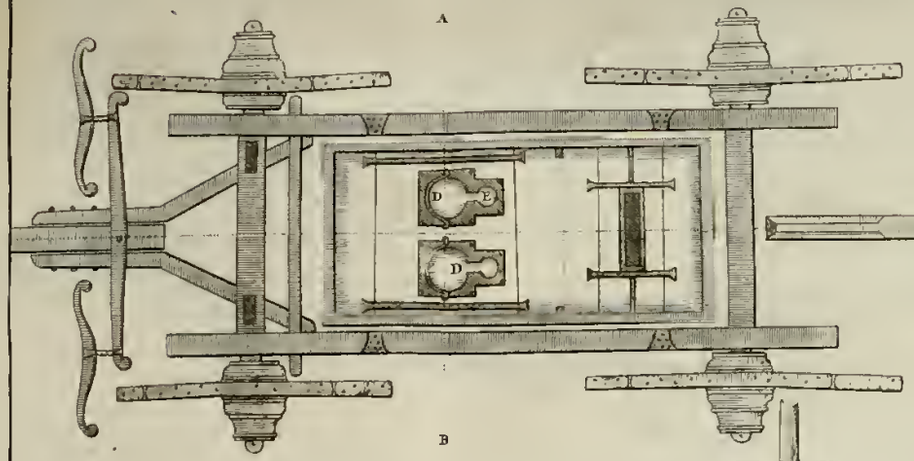


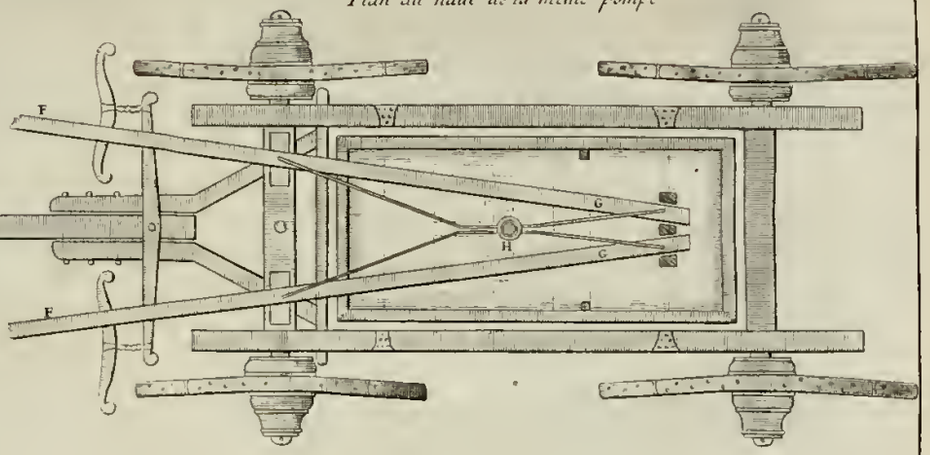
Fig. 23.



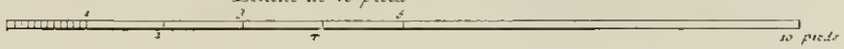
Plan du bas de la Pompe montée sur son brancard



Plan du haut de la même pompe

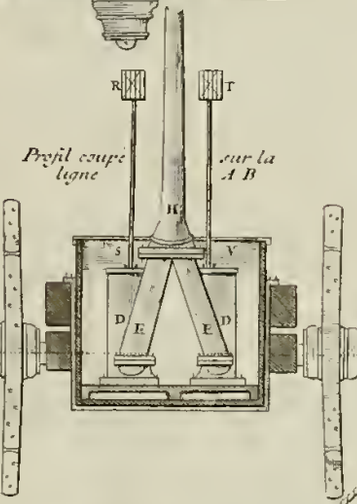


Echelle de 10 pieds

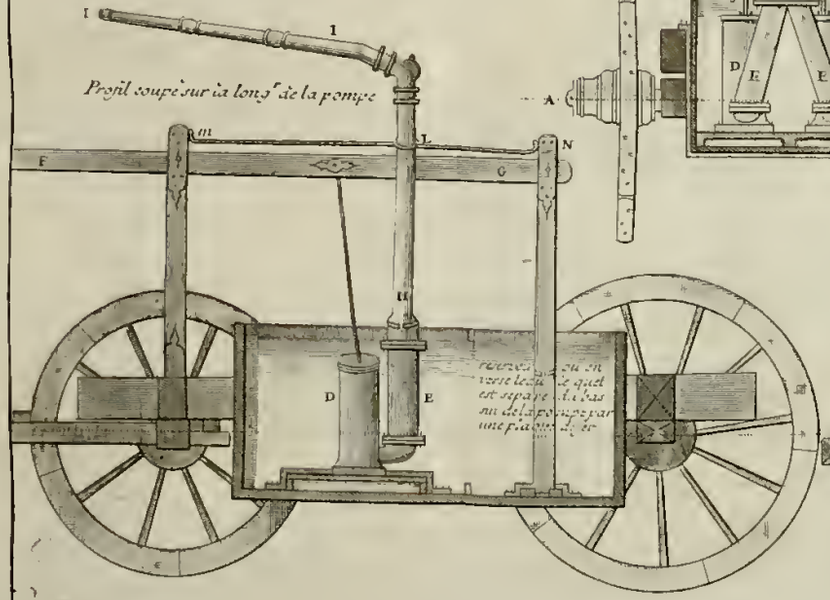


Dévelopemens d'une Pompe pour eteindre les Incendies, Exécutée à Strasbourg.

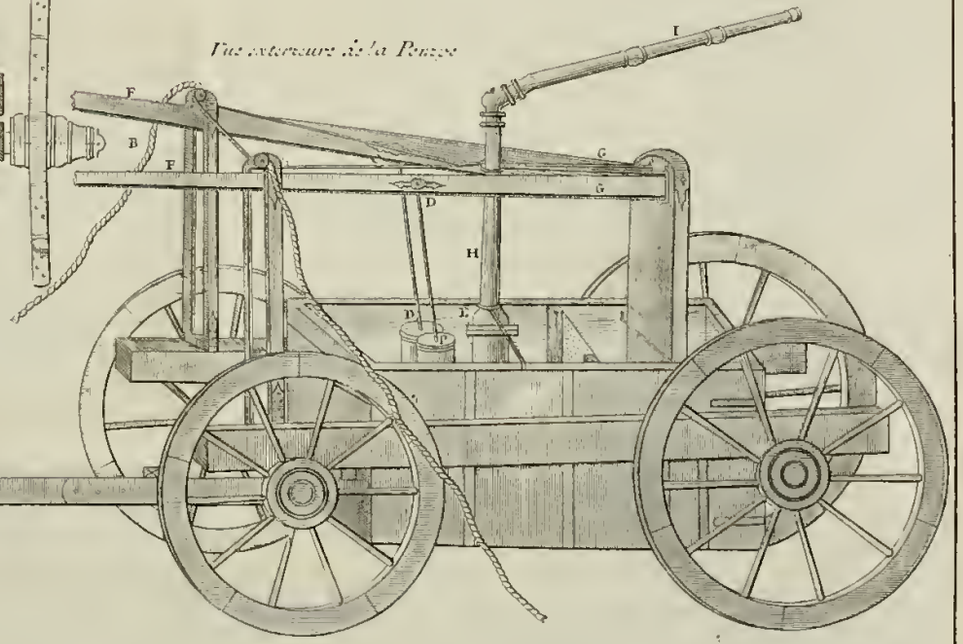
Profil coupé sur la ligne A B



Profil coupé sur la long.r de la pompe



Vue exterieure de la Pompe



Pompe pour eteindreles jncendies executée a Jpres.

Fig. 1.re

Fig. 2.e

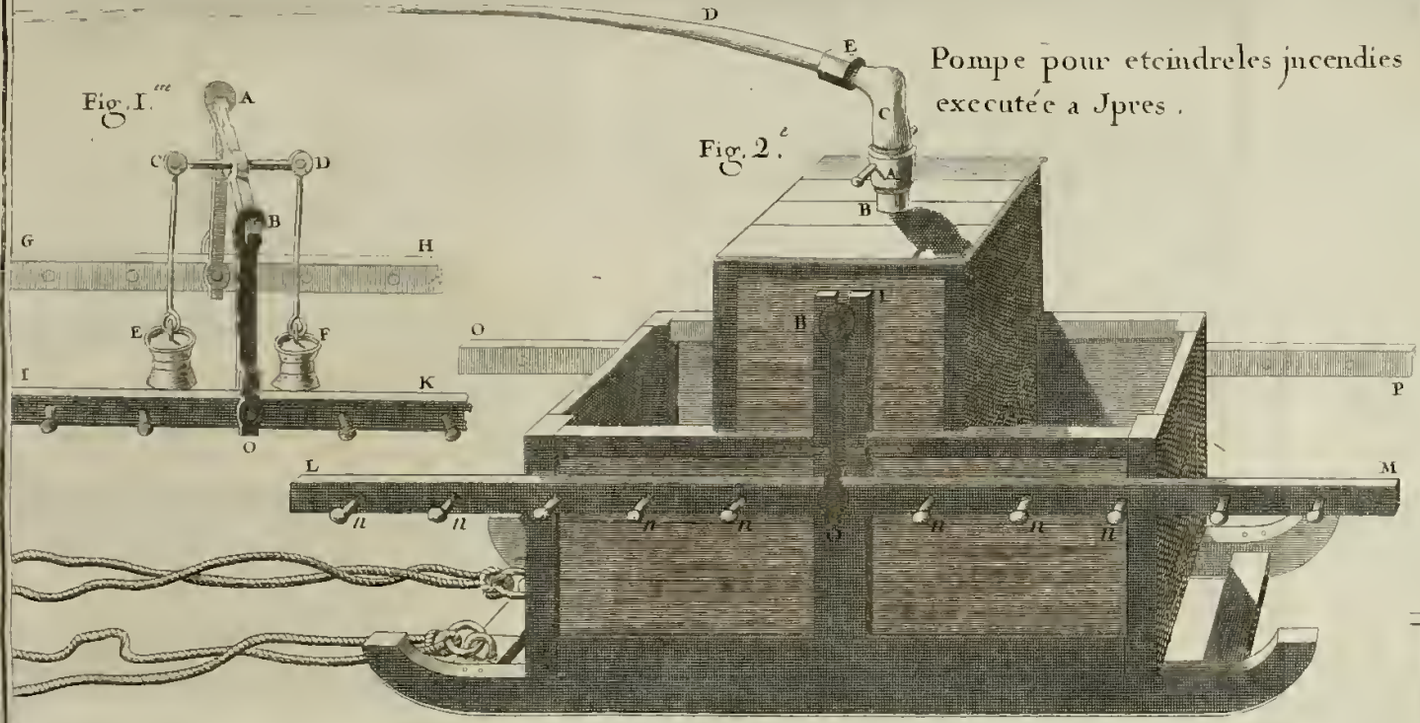


Fig. 3.e

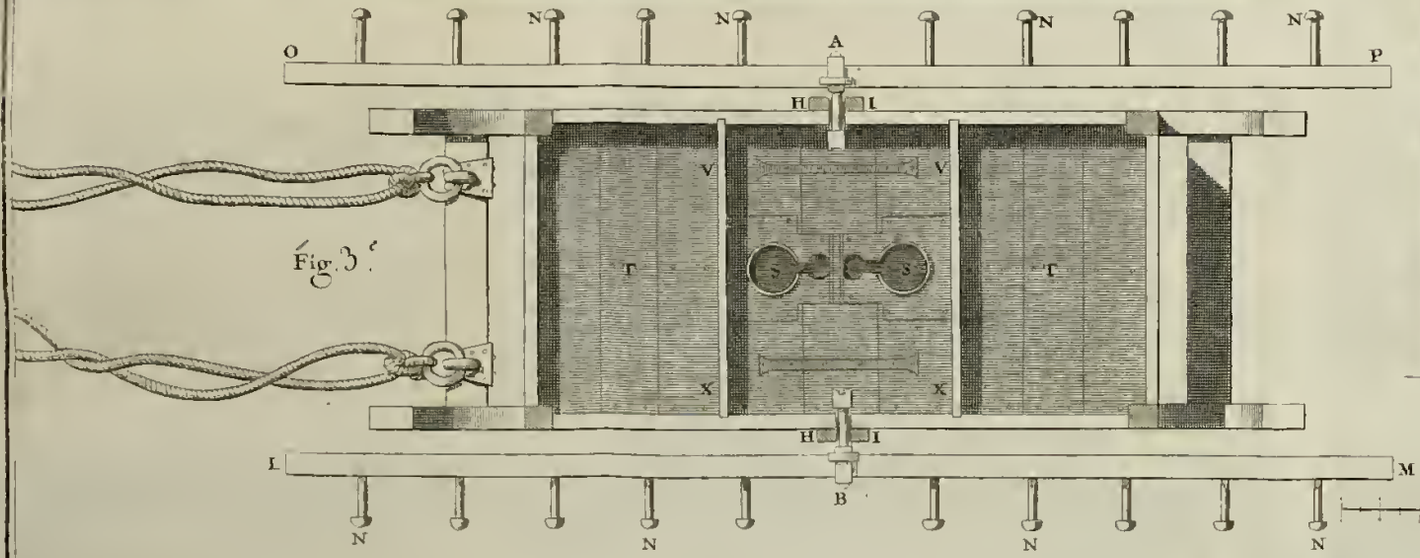
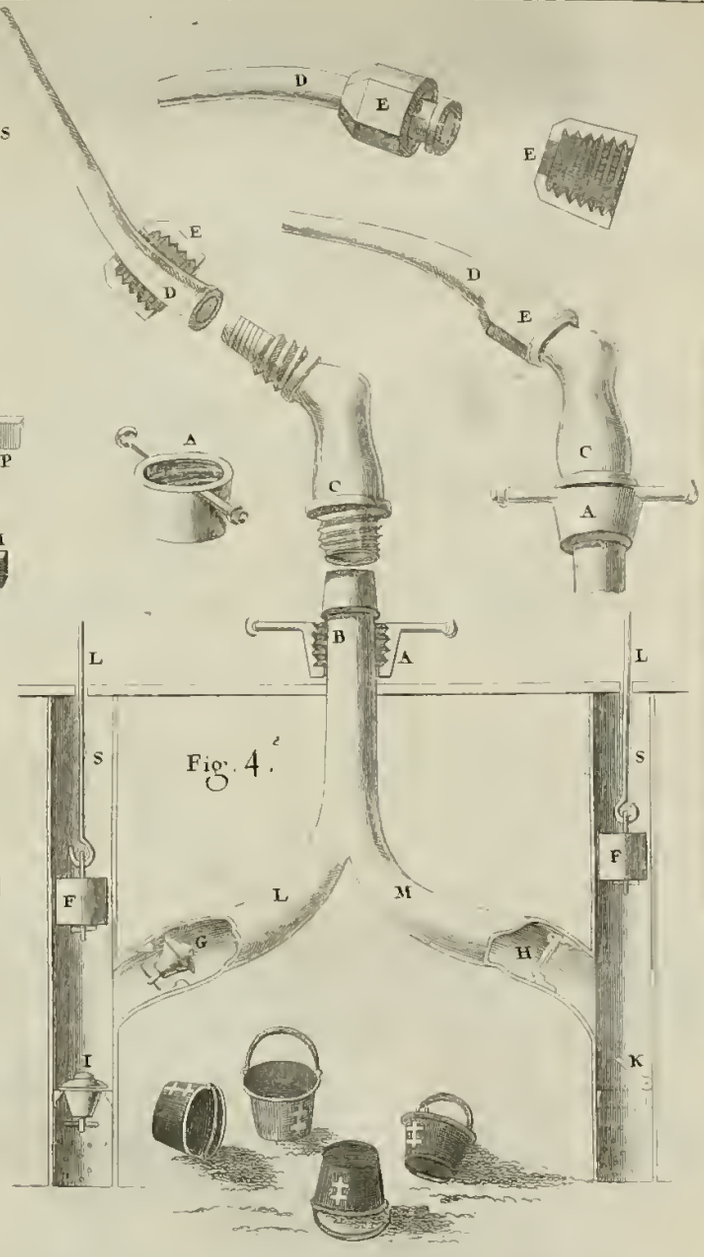


Fig. 4.e



Profil coupé sur la ligne *E.F.* du Plan.

Plan & profil d'une Pompe pour eteindre les jncendies.

Fig. 1.er

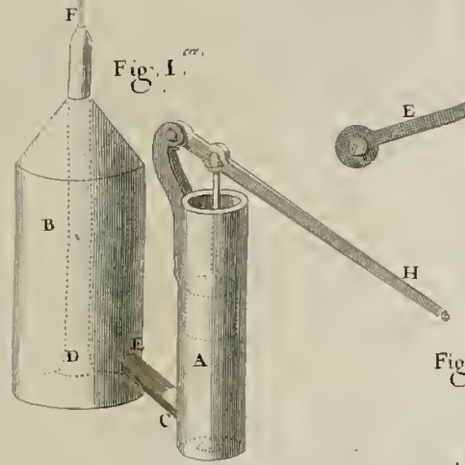


Fig. 2.e

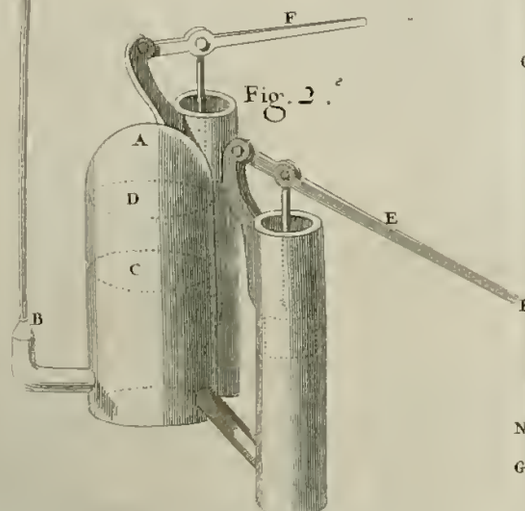


Fig. 3.e

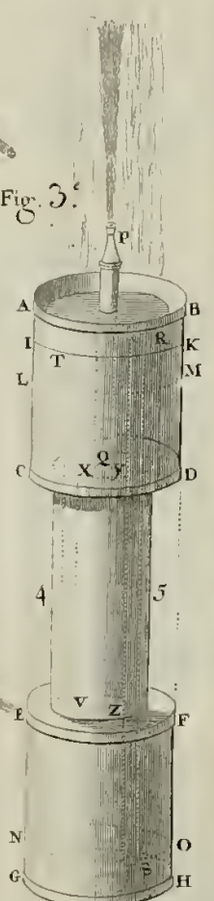


Fig. 4.e

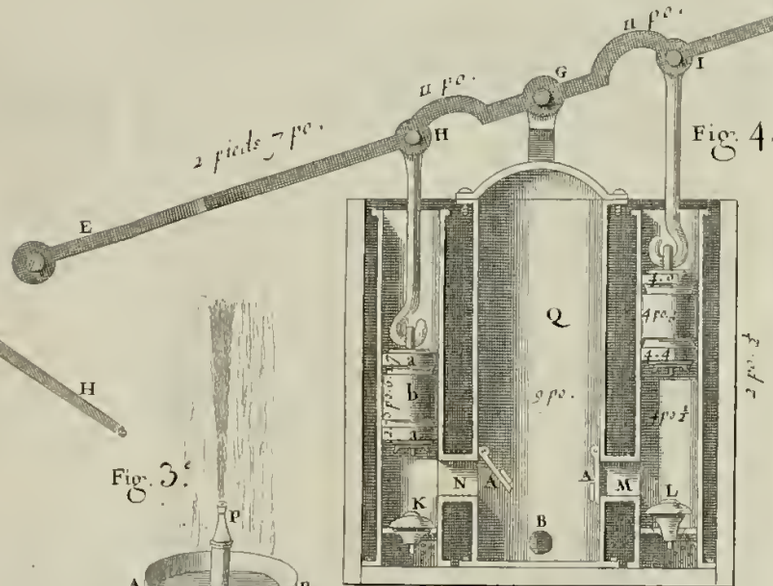


Fig. 5.e

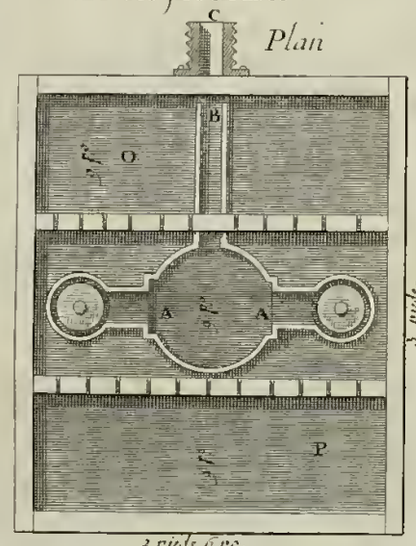
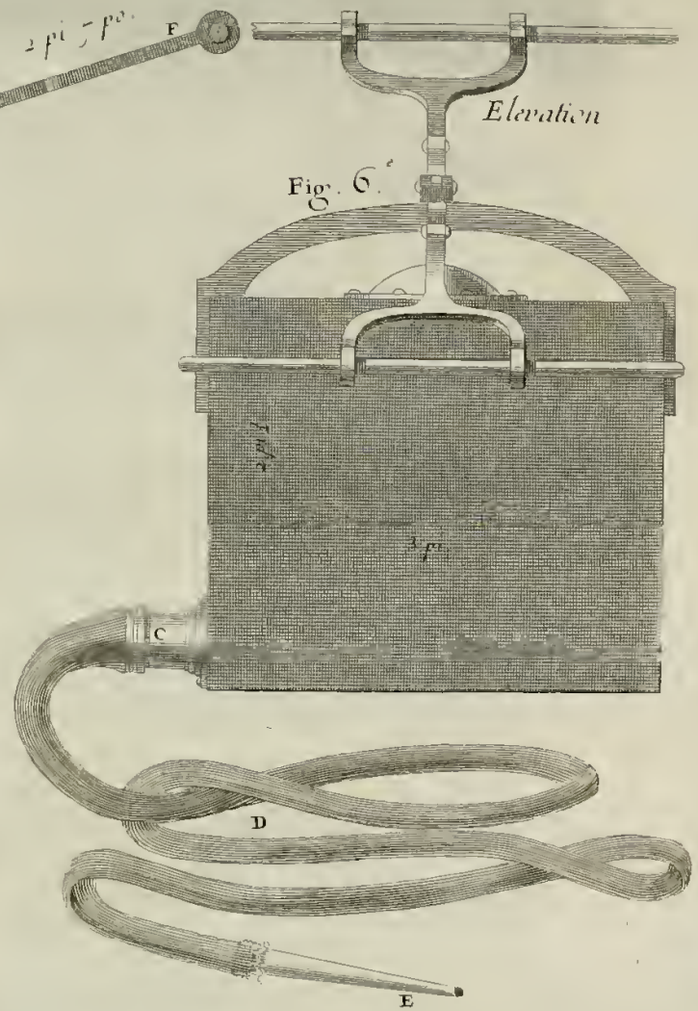
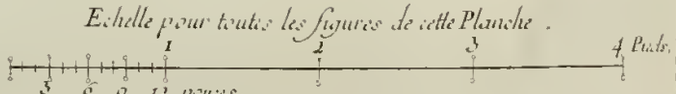


Fig. 6.e



Echelle pour toutes les figures de cette Planche.



Dessein d'un Soufflet par la chûte de l'eau à l'usage des grosses Forges.

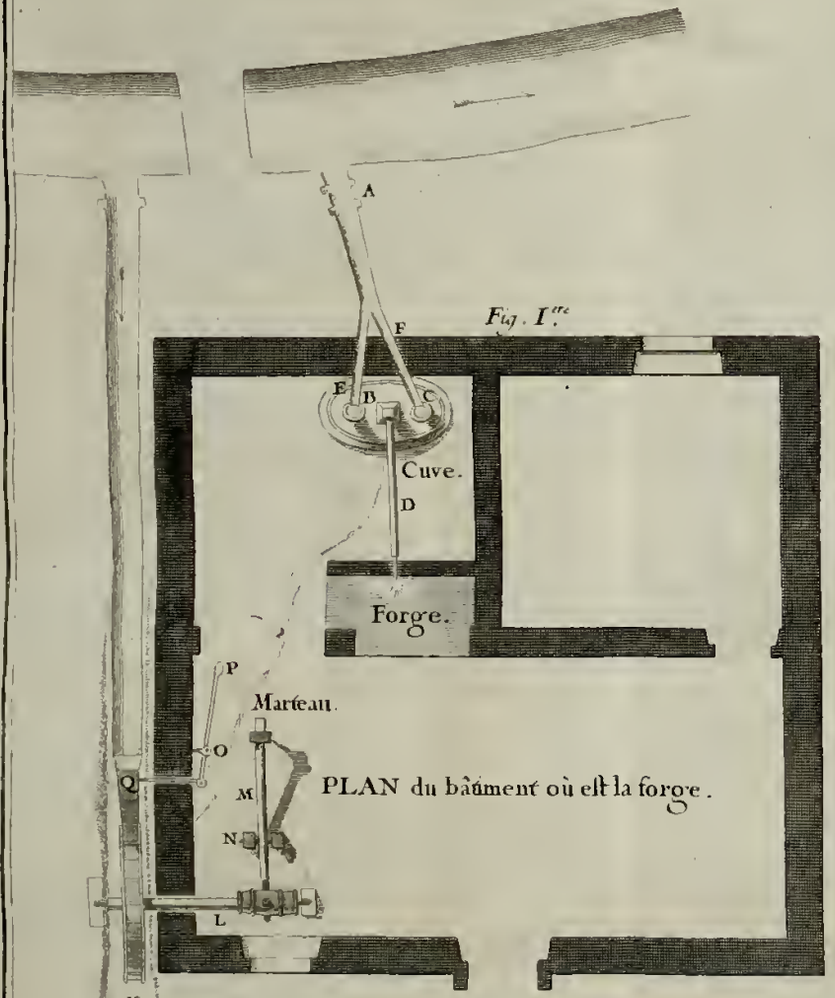


Fig. I.re

Fig. 2.e

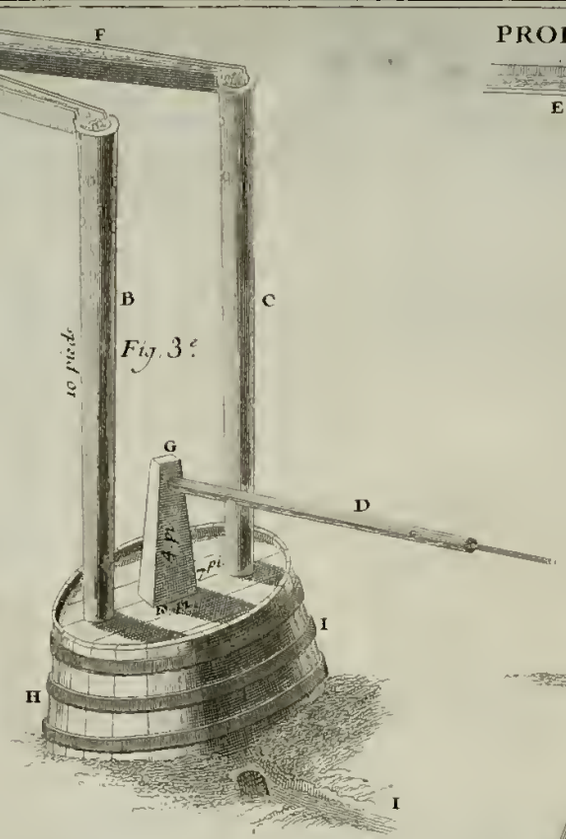


Fig. 3.e

PROFIL de la cuve, & d'un des Tuiaux.

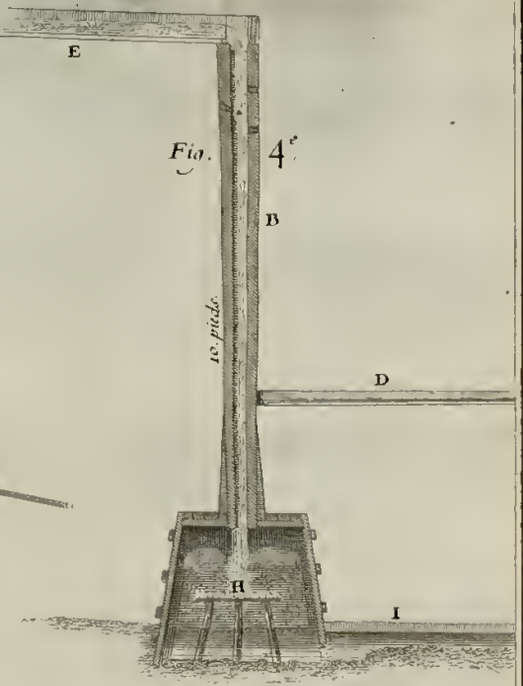


Fig. 4.e

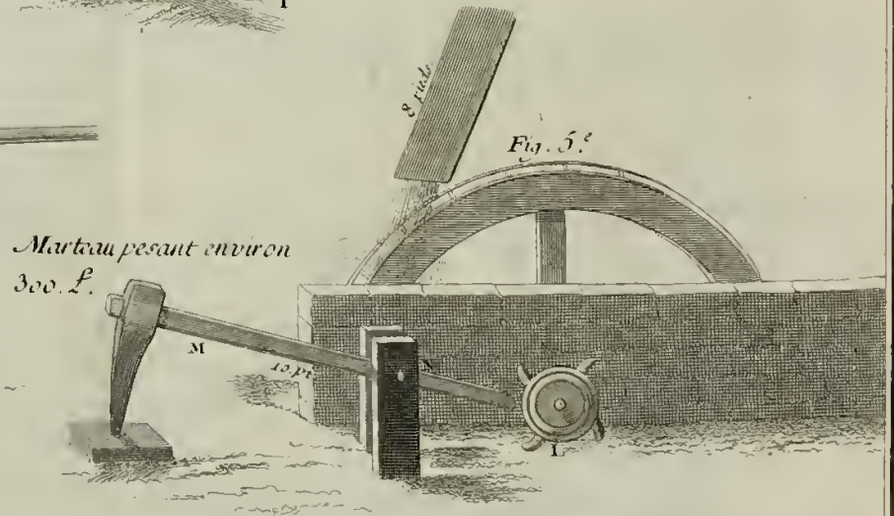


Fig. 5.e

Marteau pesant environ 300. ℔.

Echelle pour le plan Seulement.

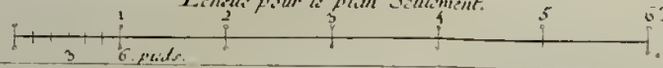


Figure premiere.

PLAN & porfil d'une roue de la Machine de Marly & de toutes les parties qui y ſont rélatives depuis la riviere juſqu'a l'Aqueduc.

Aqueduc. Second puisard Premier puisard. la Tour. Riviere de Seine

PROFIL Coupé ſur la ligne EF du plan exprimé par la ſeconde figure de la planche précédente.

Fig. 7.e Fig. 8.e Profils & Elevation des pompes des puiſards.

Fig. 9.e Fig. 10.e Fig. 11.e Fig. 12.e Fig. 13.e Fig. 14.e Fig. 15.e Fig. 16.e Fig. 17.e Fig. 18.e Fig. 19.e Fig. 20.e

PROFIL & Elévation des pompes qui repondent a la riviere.

Fig. 5.e

Echelle des Figures 7.8.9.10.11.12.13.14.15.16.17.18.19.e.20.e

0 pouces 2 3 4 5 6 7 8 9 10 pieds

PROFIL Coupe sur la longeur AB du plan d'une des roues de la machine de Marly.

Fig. 3.e

G H. Grillage pour garentir la machine.
I. Vice pour lever la Vanne KL.
MN. Balanciers pour le soutien des chaines.

Côté d'Aval.

Côté d'amont.

Côté d'amont.

PROFIL Coupé sur la ligne CD du plan d'une des roues de la même machine.

Fig. 4.e

Côté d'Aval.

Fig. 2.e

PLAN En particulier d'une des roues de la machine de Marly.

Côté d'Aval.

Côté d'Amont.

PROFIL Pour l'intelligence des Balanciers & des Puisards.

Fig. 6.e

6 pieds 3 5 10 Toises

Echelle pour les figures 2. 3. 4 5.e & 6.e

PLAN du Puisard.

uſages, elles ſe ramaſſoient dans les égouts & cloaques pour les nettoyer, après quoi elles alloient ſe décharger dans le Tibre.

Rome ne profitoit pas ſeule des eaux qu'on amenoit des ſources éloignées, les habitans des campagnes par où elles étoient conduites y avoient auſſi part, ſoit pour l'uſage des maiſons, ou pour la fertilité du pays qu'elles arroſoient dans les endroits arides, ce qui procuroit à Rome une grande abondance de denrées. Mais cette diſtribution de l'eau pour la campagne étoit faite avec beaucoup d'économie & avec une police admirable; on avoit grand ſoin qu'elle ne fût employée qu'à des uſages eſſentiels & ſelon la quantité qu'on en deſtinoit à chaque choſe. Il étoit encore enjoint à un certain nombre de perſonnes de la campagne choiſies par les Commiſſaires, d'entretenir les aqueducs proprement, afin que l'eau arrivât à Rome pure & ſaine. Pour les engager à s'appliquer ſérieuſement à ce ſervice & pour leur en faciliter le moyen, ils étoient exempts de toute charge, redevance & impoſition publique; ceux qui négligeoient de remplir leurs devoirs, étoient punis par la confiſcation de leur héritage, que l'on donnoit enſuite à d'autres plus ſoigneux: ainſi le châtiment des uns faiſoit la récompenſe des autres. Ils étoient de plus obligés de planter des arbres le long des aqueducs, chacun ſur le terrein qui lui appartenoit, afin que l'eau coulant à l'ombre, fût entretenue fraîche.

Tous ces grands ouvrages étoient conduits & entretenus avec beaucoup d'ordre & de diſcipline; & comme il n'eût pas été poſſible d'y parvenir ſans une grande autorité, les Conſuls & même les Empereurs ne mépriſoient pas d'y veiller attentivement, regardant la conduite des eaux comme une des choſes qui intéreſſoit le plus le bien public. Les Conſuls en eurent long-tems l'Intendance; mais par la ſuite ils abandonnerent cette partie de la Police à leurs Ediles qui en furent chargés, juſqu'au tems qu'*Auguſte* voulant récompenſer *Marcus Agrippa* des peines qu'il avoit priſes pendant ſon Edilité, pour donner à Rome beaucoup plus d'eau qu'elle n'avoit eu encore, ayant fait faire 700 réſervoirs, 130 châteaux d'eau, & 150 pompes magnifiquement décorées, le créa Sur-Intendant des eaux, & chef d'une Compagnie de deux cens quarante Officiers ou Commiſſaires des eaux qui fut formée dans le même tems. On en créa enſuite encore une ſeconde, compoſée de quatre cens ſoixante perſonnes, & ces deux compagnies étoient diſtribuées en différens offices, qui avoient tous pour objet la conduite & la diſtribution des eaux.

On peut bien juger que l'entretien de tant d'Officiers, & les

réparations continuelles des aqueducs, baſſins, fontaines & châteaux d'eau devoit être d'une grande dépenſe, auſſi le revenu que l'on en tiroit dans la diſtribution qui en étoit faite, étoit-il immenſe, chaque particulier payant un tribut proportionné à la quantité d'eau qu'on lui fourniſſoit chez lui. *Frontin* ayant fait la ſupputation des deniers que l'on percevoit pour cela, dans le tems qu'il avoit la Sur-Intendance des eaux, trouva qu'ils montoient à deux cens cinquante mille ſeſterces par an, ce qui revient à ſix millions deux cens cinquante mille livres de notre monoye, ſelon M. *de la Mare*, dans ſon ſavant Traité de la Police, duquel j'ai extrait une partie de ce que je rapporte ici des anciens. Cependant il arrivoit ſouvent qu'une ſomme auſſi conſidérable ne ſuffiſoit pas encore pour les frais de l'entretien, & qu'il falloit avoir recours à de nouvelles contributions pour les fonds extraordinaires; & perſonne n'étoit exempt de la taxe, de quelque condition qu'il fût, & quelques exemptions qu'il pût avoir d'ailleurs.

Les Empereurs *Honorius* & *Arcadius* voulant ſoulager le peuple des dépenſes extraordinaires que demandoit l'entretien des eaux, ordonnerent que les fonds publics qui avoient été deſtinés juſqu'à lors pour les jeux profanes, ſeroient à l'avenir appliqués à l'entretien des eaux.

Les Romains en établiſſant leur domination dans les Gaules, y ont apporté l'uſage des aqueducs, comme on en peut juger par celui d'Arcueil, que l'Empereur *Julien* fit bâtir pour conduire de l'eau de fontaine à ſon palais des Thermes proche de Paris, & par le pont du Gar en Languedoc, qui ſont des monumens de cette antiquité que perſonne ne diſpute. Cependant il ne paroît pas que ces ouvrages y fuſſent fort répandus; le grand nombre de fleuves & de rivieres dont ces provinces ſont arroſées, la multitude des ſources qui ſe rencontrent en tous ces lieux, & qui y rempliſſent les fontaines & les puits de bonnes eaux, ont diſpenſé leurs habitans d'en faire venir de loin.

De tous les Peuples des Gaules, il n'y en avoit point qui fuſſent plus à portée que les Pariſiens d'avoir de l'eau communément; le fleuve de la Seine qui renfermoit alors entre ſes deux bras toute l'étendue de leur ville, leur en fourniſſoit abondamment; ils étoient ſi proche de ſes bords pour en puiſer, qu'ils n'étoient pas dans le cas d'avoir recours à des ſources éloignées.

Philippe Auguſte ayant fait renfermer dans une même enceinte dix petits bourgs qui s'étoient formés aux environ de cette ville, & les campagnes qui les ſéparoient s'étant peuplées en peu de

tems, un grand nombre de ces nouveaux habitans ſe trouvant trop éloigné des bords de la Seine, & le terrein en bien des endroits étant peu propre à y creuſer des puits, ils eurent recours aux ſources des éminences voiſines. Celles du village de Belleville en fournirent d'abord ſuffiſamment, elles furent conduites à Paris par un aqueduc ſouterrein, pour être diſtribuées à trois fontaines publiques.

Quoique les ſources de Belleville ne donnaſſent à Paris que huit pouces d'eau, cette petite quantité a long-tems ſuffi pour ſupplément des eaux de la Seine ; mais les nouveaux agrandiſſemens de la ville ayant obligé par la ſuite de multiplier le nombre des fontaines, on a fait venir à Paris pour le côté du nord, les ſources du Pré-Saint-Gervais, & pour celui du midi, celles du village de Rungis & des environs. Leurs eaux ſont conduites par des aqueducs, accompagnés de leurs rigoles, tuyaux, regards, réſervoirs, châteaux d'eau, & de tous les autres ouvrages néceſſaires pour les conſerver dans leur bonté, & pour en faire une juſte diſtribution.

Le Pré-Saint-Gervais fourniſſoit 20 pouces d'eau, & Rungis 83 ; ainſi toutes ces eaux, qui arrivoient à Paris par trois aqueducs, montoient autrefois à cent onze pouces, mais il s'en faut bien aujourd'hui que ces ſources ſoient auſſi abondantes. De ces cent onze pouces, il y en avoit ſoixante deſtinés pour les maiſons Royales, & les cinquante-un pouces reſtans, étoient diſtribués en vingt-ſix fontaines conſtruites en différens quartiers, pour la commodité publique.

Etabliſſement de la machine Hydraulique appliquée au Pont Notre-Dame à Paris.

1105. Quoique cette quantité d'eau fût déja conſidérable, il arrivoit cependant quelquefois, dans le tems des grandes ſéchereſſes, que la ville en manquoit dans les lieux éloignés de la riviere. D'ailleurs il s'en falloit beaucoup que ces fontaines fuſſent ſuffiſantes à la grandeur où la ville a été portée depuis le commencement du regne de *Louis le Grand* ; pluſieurs quartiers entiers dont elle a été augmentée vers ſes extrémités, ſe trouvant privés d'eau, on prit la réſolution de multiplier le nombre des fontaines publiques. Le Roi en ayant approuvé le deſſein & ordonné l'exécution, Meſſieurs les Prevôt des Marchands & Echevins firent en 1670 deux Traités, le premier avec le ſieur *Joly*, Ingénieur ordinaire du Roi, qui s'obligea d'élever 30 pouces d'eau par une machine qui fut conſtruite dans le petit moulin du pont Notre-Dame ; le ſecond avec le ſieur *de Mans* pour en élever 50, par le moyen d'une autre machine qu'il propoſoit dans le grand mou-

lin. Depuis ces deux machines, qui n'étoient point ſemblables, ont été conſtruites à neuf par le ſieur *Rannequin* qui les a fait uniformes, & beaucoup moins défectueuſes que dans le premier établiſſement. Cependant M. *Turgot*, Prevôt des Marchands, & Meſſieurs les Echevins, plus occupés que jamais du deſſein de donner à Paris une grande abondance d'eau, ayant été informés en 1737, que les pompes de la machine appliquée au pont Notre-Dame avoient des défauts qui étoient cauſe qu'elle ne fourniſſoit pas à beaucoup près une quantité d'eau proportionnée à la force du courant de la Seine, conſiderée dans ſon état moyen, me firent l'honneur de m'inviter par la délibération ſuivante, de leur donner les connoiſſances qui pouvoient contribuer à rectifier cette machine.

NOUS Prevôt des Marchands & Echevins de la Ville de Paris, aſſemblés au Bureau de la Ville avec le Procureur du Roi & de la Ville pour les Affaires d'icelle, Nous aurions mis en conſidération la néceſſité de procurer dans tous les quartiers de cette Ville une plus grande quantité d'eau, tant pour l'uſage des Bourgeois & Habitans, que pour la tenir nette dans les rues & dans l'intérieur des maiſons ; que la Machine Hydraulique du Pont Notre-Dame auroit été conſtruite il y a plus de ſoixante années, & pouſſée depuis à différens degrés de perfection ; que devant regarder comme un des plus importans de nos ſoins d'atteindre au dernier point de cette perfection, ſi nos Prédeceſſeurs & Nous n'y ſommes point encore parvenus, Nous pourrions eſperer cet avantage du zele & de la capacité connue du ſieur Belidor, *Commiſſaire Provincial de l'Artillerie, Profeſſeur Royal des Mathématiques aux Ecoles du même Corps, actuellemenn en cette Ville, & faiſant ſon ſéjour ordinairement à la Fere pour le Service du Roi ; la matiere miſe en délibération : Oui, & à ce conſentant le Procureur du Roi & de la Ville, avons arrêté & ordonné, arrêtons & ordonnons que ledit ſieur* Belidor *ſera invité de ſe tranſporter dans la Machine Hydraulique appliquée au Pont Notre-Dame, d'en obſerver l'état actuel, & s'il croiroit néceſſaire d'y faire quelque changement pour la conduire au plus grand degré de perfection, & de Nous donner ſes Mémoires, Deſſeins & Devis. Fait au Bureau de la Ville le trentieme jour d'Août mil ſept cent trente-ſept.*

Pour répondre à la confiance de Meſſieurs les Prevôt des Marchands & Echevins de la Ville de Paris, Nous avons ſaiſi avec ardeur l'occaſion de leur marquer notre parfait dévouement, & l'envie de ſeconder leur zele, pour ce qui intéreſſe le bien public, en tâchant de procurer dans tous les quartiers de la Ville de Paris une plus grande quantité d'eau. Selon

Selon l'intention de ces Meſſieurs, nous nous ſommes tranſportés pluſieurs fois dans la machine appliquée au Pont Notre-Dame, afin d'en conſiderer l'action & d'en examiner toutes les parties, que nous avons développées par des deſſeins exacts, dont voici la deſcription, qui ne laiſſera rien à déſirer pour l'intelligence de notre projet.

Deſcription de la machine appliquée au Pont Notre-Dame.

1106. Cette machine eſt compoſée de quatre équipages, dont chacun comprend trois corps de pompes accollés, qui aſpirent l'eau, & de trois autres qui la refoulent en même tems dans les cuvettes de diſtribution. Comme deux roues égales font chacune agir deux équipages, par la force du courant de la Seine, nous ne ferons mention dans cette deſcription que d'une moitié de la machine, parce que ſe trouvant compoſée de deux parties ſemblables qui n'ont aucune communication de mouvement, ces parties peuvent être regardées comme deux machines ſéparées qui ont un même objet.

1107. La grande roue AB qui trempe dans l'eau, eſt accompagnée d'un rouet vertical CD, s'engrainant avec deux lanternes E, F; l'eſſieu de la premiere fait tourner une manivelle à tiers point marquée G, qui fait agir en même tems trois balanciers H, exprimés dans la ſeconde figure. Ainſi il faut concevoir qu'à leurs extrémités I, il y a des tringles de fer qui répondent à cette manivelle, ce qu'on ne peut bien diſtinguer que dans la quatrieme figure, où l'on reconnoîtra par l'indication des lettres précédentes, le profil de la roue AB, l'élévation du rouet CD, les lanternes E, F, la manivelle G, les balanciers H, & leur relation avec la lanterne E par les tringles IK.

PLAN. 1. FIG. 1 & 2. *Deſcription d'un équipage du petit mouvement.* FIG. 4.

En ſuivant avec un peu d'attention la même figure, on verra qu'aux extrémités oppoſées L des balanciers, ſe trouvent ſuſpendues d'autres tringles M, répondant aux chaſſis qui portent les piſtons, dont il eſt aiſé de diſtinguer les corps de pompes N & leurs baches communes O, exprimés auſſi par les mêmes lettres N, O, au plan relatif à la premiere figure. Ainſi à ne conſidérer que ce premier équipage, nommé équipage du *petit mouvement*, il réſulte qu'à chaque tour que fait la lanterne E, la manivelle G fait alternativement aſpirer & refouler une fois chacune de ces pompes; c'eſt-à-dire, que d'abord l'eau de la riviere eſt élevée dans la bache O, par l'aſpiration des pompes inférieures; de-là elle eſt refou-

lée par les supérieures dans les tuyaux montans, comme on l'a expliqué dans l'article 875.

PLAN. 1 & 2. FIG. 2 & 4. *Description d'un équipage du grand mouvement.*

1108. Pour juger de la maniere dont agit le second équipage, nommé équipage du *grand mouvement*, il faut considérer dans la quatrieme figure que le rouet CD, en faisant tourner la lanterne F, fait tourner aussi un rouet horisontal P, par le moyen de l'arbre 13, 14, qui leur sert d'essieu commun; que ce rouet s'engraine avec la lanterne Q, dont l'axe R fait agir une manivelle à tiers-point S, à laquelle sont suspendus des tringles de fer, & des chassis portant les pistons des corps de pompes aspirantes & refoulantes, qui jouent alternativement comme les précédentes.

Les corps de pompes & la bache de ce second équipage sont exprimés par les lettres T, V, au plan qui répond à la premiere figure, & l'on distingue sensiblement dans la seconde, en suivant les lettres relatives à la quatrieme, les parties qui lui communiquent le mouvement; par exemple, le rouet P qui s'engraine avec la lanterne Q, l'essieu R & les manivelles S.

FIG 3.

Quant à la troisieme figure, elle représente un profil coupé sur l'alignement YZ du plan; on y voit rassemblés les deux équipages que nous venons de décrire; le premier qui répond à la bache O a ses trois corps de pompes vus de front avec leur tuyau d'aspiration, au lieu que ceux du second qui répondent à la bache V, ne pouvant être vus que de file, on n'a pu les exprimer aussi sensiblement, se trouvant d'ailleurs cachés par des pieces de charpente; mais il est aisé de s'imaginer leur situation par celle du plan qui leur est relatif. J'ajouterai que pour que les tringles de cet équipage soient toujours maintenues verticalement, elles sont dirigées par les guides X, qu'on trouve aussi exprimés dans la seconde figure.

Les vannes & les roues de cette machine se haussent & se baissent par le moyen des crics.

1109. A l'endroit 2, 3, de la premiere figure, on voit la coupe horisontale d'une vanne servant à ménager la force du courant qui fait tourner la roue AB, afin qu'elle s'entretienne dans une vîtesse uniforme, c'est-à-dire, que quand la force du courant est plus grande qu'il ne faut pour faire agir la machine rondement, on baisse la vanne plus ou moins, afin que les aubes n'étant frappées que sur une partie de leur superficie, ne tournent point avec trop d'impétuosité. Au contraire, quand la riviere est basse, on leve la vanne pour que les aubes reçoivent toute l'impression du courant, ce qui se fait par le moyen d'un cric placé à l'endroit 4 de la seconde figure; ce cric est semblable à celui dont nous avons fait mention dans l'art. 1041. Alors on baisse, ou on leve avec le secours de trois autres crics, représentés aux endroits 5 de la mê-

me figure, & d'un verrin marqué 6, le chaſſis 9, 10, 11, 12, qui porte la roue AB, la lanterne E, & l'eſſieu 13, 14.

1110. Comme on ne peut changer la ſituation de la roue ſans faire monter ou deſcendre en même tems les lanternes E & F, qui ne peuvent être ſéparées de leur rouet commun CD, on ſaura que le grand rouet P a un moyeu 7, qui repoſe & qui tourne ſur une plate-forme 8, comme un pivot ſur ſa crapaudine ; que ſon eſſieu 13, 14, peut monter & deſcendre ſans changer la ſituation de ce rouet ; que quand le chaſſis qui porte la roue a été fixé à une hauteur convenable, on enfonce des coins dans le moyeu pour le contraindre de tourner avec ſon eſſieu ; enfin qu'on racourcit, ou qu'on allonge les tringles IK qui communiquent le mouvement de la manivelle G aux balanciers H, & que toute cette manœuvre n'a lieu que pour le premier équipage, le ſecond reſtant toujours dans le même état.

Le grand rouet reſte toujours au même endroit, quoique l'on hauſſe ou baiſſe ſon axe.

1111. Pour que l'on puiſſe bien juger de la diſpoſition intérieure des corps de pompes d'un des équipages, on les a exprimés en grand par les figures 5 & 6. La premiere montre que les trois corps de pompes refoulantes A, B, C, ſont raccordés avec les branches D, E, F, qui ſe réuniſſent au tuyau G, pour compoſer enſemble ce qu'on appelle la *fourche*, par laquelle paſſe l'eau, qui eſt refoulée dans le tuyau montant H, qui aboutit aux cuvettes de diſtribution. A l'égard des corps des pompes aſpirantes I, K, L, qui répondent au fond de la bache MN, dans laquelle ils élevent l'eau de la riviere à une hauteur de 16 pieds par les tuyaux d'aſpiration O, je ne m'arrêterai point à expliquer le jeu de leur piſton, par rapport à ceux des pompes ſupérieures, étant aiſé de ſe l'imaginer, en ſe rappellant ce qui a été dit ſur les manivelles triples dans l'article 112.

PLAN. 3 FIG. 5 & 6.

Développement particulier des pompes refoulantes d'un équipage.

La figure ſixieme repréſente un autre profil du même équipage coupé du ſens des chaſſis qui portent les piſtons, & qu'on ſuppoſe paſſer par la verticale EO ou FO ; ainſi quoique ce profil ſoit renfermé dans la même bache MN, on ne doit pas le regarder comme s'il appartenoit à une pompe ſéparée du grouppe dont nous parlons. On a cru devoir ajouter auſſi la figure ſeptieme, qui montre l'élévation extérieure que forment les pompes refoulantes unies à leurs fourches.

1112. Toutes les ſoupapes des pompes refoulantes ſont à coquille, & celles des aſpirantes à clapets. Les piſtons ſont faits de bois, frettés & garnis de cuir, ſelon l'uſage ordinaire. Les 12 corps de pompes ne ſont point uniformes, il y en a neuf refoulans, dont le

Le diametre des corps de pompes n'eſt pas le même dans tous les

équipages de cette machine. diametre intérieur eſt de 6 pouces 9 lignes, & celui de leurs aſpirans de 7. Le diametre des trois autres refoulantes, qui appartiennent à un même équipage, eſt de 7 pouces 9 lignes, & celui de leurs aſpirantes de 8 pouces. Tous les piſtons font monter l'eau dans les cuvettes de diſtribution, élevées de 81 pieds au-deſſus du lit de la riviere, de-là elle retombe dans des tuyaux deſcendans, pour s'aller rendre aux fontaines.

Deſcription de deux équipages de relais pour ſuppléer à ceux qui viennent à chommer. 1113. M. *Turgot* s'étant apperçu qu'il arrivoit aſſez ſouvent que le plus grand nombre des fontaines publiques manquoit d'eau, lorſqu'on étoit obligé de faire chommer la machine, pour réparer les parties des pompes qui venoient à manquer, a fait faire, en 1737, un équipage de relais, répondant à chacune des roues, pour agir au défaut de l'un des deux autres; ſage précaution, qui marque parfaitement le zele de ce digne Magiſtrat pour tout ce qui intéreſſe le bien public. Nous avons exprimé ce nouvel équipage par la neuvieme figure, qui eſt une partie détachée de la ſeconde, que nous avons cru devoir ſéparer, pour plus d'intelligence.

PLAN. 1 & 3. FIG. 2 & 9. Pour juger du rapport de ces deux figures, il faut conſiderer que toutes les parties accompagnées des mêmes lettres appartiennent à la machine telle qu'elle étoit avant que d'y avoir rien ajouté, & qu'on a profité de l'eſpace qui s'eſt rencontré dans le coin BCD du bâtiment, pour placer un arbre horiſontal F, qui répond d'une part à la lanterne E, qui s'engraine avec les dents du rouet P, & de l'autre à une manivelle G, qui fait agir trois pompes dont les tringles qui portent les chaſſis des piſtons ſont dirigées par les guides K, pour faire jouer un équipage entierement ſemblable à celui qui eſt repréſenté dans la cinquieme figure, & diſpoſé comme on l'a expliqué dans l'article 1108. Il eſt à propos de remarquer à cette occaſion, que les lanternes E & Q pouvant être ſéparées des dents du rouet P, on peut en laiſſer chommer une & agir l'autre, pour que les piſtons qu'elle met en mouvement élevent l'eau conjointement avec ceux que font mouvoir les balanciers H. S'il arrive qu'on ſoit obligé d'arrêter ces derniers, alors on laiſſe tourner enſemble les deux lanternes; ainſi chaque roue peut toujours faire agir deux équipages en même tems, mais non pas les trois enſemble, parce que, ſelon le ſieur *Rannequin*, qui a la direction de la machine, on ne peut lui faire ſoutenir un auſſi grand travail, ſans la mettre en danger de rompre. On ne doit donc compter, pour eſtimer le produit de cette machine, que ſur la quantité d'eau que peuvent élever les ſix corps de pompes des deux équipages que chaque roue peut mettre en mouvement.

1114. Pour juger de la vîteſſe des piſtons par rapport à celle de la roue, l'on ſaura que cette roue a 10 pieds de rayon, pris juſqu'à la baſe des aubes, que ces aubes ont 18 pieds de largeur ſur 3 pieds de hauteur. Si l'on prend leur centre de gravité pour celui d'impreſſion, le bras de levier moyen relatif à la force du courant ſera de 8 pieds 6 pouces; alors le centre d'impreſſion décrira à chaque tour de roue une circonférence d'environ 54 pieds.

Dimenſions des roues à aubes.

1115. On ſaura auſſi que le coude des manivelles eſt de 9 pouces, que par conſéquent la levée de chaque piſton eſt de 18 pouces, que le rouet CD a 60 dents, & la lanterne E 15 fuſeaux; ainſi quand la roue AB fait un tour, cette lanterne & ſa manivelle en font quatre. Comme chacun des piſtons qui ſont mis en mouvement par cette manivelle hauſſe & baiſſe une fois à chaque tour de lanterne, on voit que les piſtons donnent *douze relevées* à chaque tour de roue. Or comme, ſelon l'article 114, on peut ne ſuppoſer qu'un ſeul piſton qui refoule ſans interruption, il ſuit, ſans ſe mettre en peine du bras de levier moyen, que ce piſton fera en montant 18 pieds de chemin, tandis que la roue en fera 54, & que la vîteſſe de la puiſſance qui meut le premier équipage eſt à la vîteſſe du poids qui lui répond, comme 3 eſt à 1.

Vîteſſe des piſtons des équipages du petit mouvement, par rapport à celle de la roue.

1116. A l'égard du ſecond équipage, comme la lanterne F a 20 fuſeaux qui s'engrainent avec la roue CD de 60 dents, cette lanterne & le rouet P feront trois tours, tandis que la roue AB n'en fera qu'un. Comme ce rouet eſt accompagné de 40 dents qui s'engrainent avec la lanterne Q, qui a auſſi 20 fuſeaux, il ſuit que cette lanterne fait ſix tours à chaque révolution de la roue AB, & que les piſtons du ſecond équipage font enſemble *dix-huit relevées* dans le même tems; par conſéquent ſi l'on ne ſuppoſe encore qu'un piſton qui refoule ſans ceſſe, il fera 27 pieds de chemin, tandis que la roue en fera 54, ainſi le rapport de la vîteſſe de la roue à celle du poids qui répond au ſecond équipage, eſt comme 2 eſt à 1.

Vîteſſe des piſtons des équipages du grand mouvement.

Pour expoſer l'objet principal de notre projet, il faut ſe rappeller que nous avons inſinué dans les articles 897, 898, 963, 964, que les colonnes d'eau que refouloient les piſtons ne devoient jamais rencontrer d'obſtacle en montant. On jugera ſi cette maxime a été obſervée dans la conſtruction des pompes de la machine dont nous parlons, en conſidérant la cinquieme figure où l'on remarquera trois défauts eſſentiels.

1117. Le premier vient des ſoupapes à coquille qui rétréciſſent conſidérablement le paſſage de l'eau que tous les piſtons refoulent,

Les pompes de cette machine ont trois

défauts qui font cauſe qu'elle ne fournit pas, à beaucoup près, la quantité d'eau qu'elle devroit donner.

ce qui demande de la part de la puiſſance, beaucoup plus de force pour imprimer à l'eau une certaine vîteſſe, que ſi le piſton montoit librement. Or comme on ne peut emprunter du courant une plus grande force reſpective ſans diminuer la vîteſſe de la roue, l'effet de la machine eſt néceſſairement moindre que l'effet naturel.

1118. Le ſecond conſiſte en ce que l'eau en montant dans le corps de pompe eſt refoulée contre la ſoupape & ſon palier, ce qui la fait rejaillir de haut en bas, & s'oppoſe à celle qui eſt pouſſée de bas en haut par le piſton; à quoi l'on peut ajouter qu'après avoir ſurmonté ces obſtacles, elle ne paſſe dans les branches que ſelon des directions obliques aux parois, qui la font réfléchir en pluſieurs endroits & en alterent la vîteſſe.

1119. Le troiſieme eſt que l'eau ſe trouve étranglée dans des branches qui n'ont gueres intérieurement que 3 pouces de diametre, tandis que celui des piſtons en a 7 à 8; ainſi la groſſeur de ces branches n'eſt que d'environ la cinquieme partie de celle des corps de pompes. D'ailleurs les tuyaux montans n'ont que 6 pouces de diametre, au lieu qu'ils devroient en avoir au moins 8, afin que l'eau ne ſoit point obligée d'y monter avec une vîteſſe double de celle du piſton, & même par intervalle avec une vîteſſe quadruple, lorſque deux piſtons refoulent enſemble, ce qui arrive une fois à chaque tour de manivelle. Or comme les frottemens de l'eau contre les parois des tuyaux, ſont d'autant plus grands que l'eau eſt obligée de couler avec plus de vîteſſe; il naît encore de cette part de nouveaux obſtacles, qui étant réunis aux précédens, ſont cauſe que le courant employe la plus grande partie de ſa force, non à ſoulever les colonnes d'eau qu'il fait monter dans les cuvettes, mais à ſurmonter tous les obſtacles que les mêmes colonnes rencontrent en chemin, ce qui eſt cauſe encore un coup, que ne lui reſtant que peu de vîteſſe, la roue ne peut tourner que lentement.

Les défauts précédens contribuent à la deſtruction de la machine.

1120. Pour peu que l'on réfléchiſſe ſur ce qu'on vient d'inſinuer, on ſentira que les piſtons en refoulant l'eau doivent faire un grand effort, & même pouſſer de bas en haut les corps de pompes avec beaucoup de violence; auſſi voit-on toutes les parties de la machine prêtes à fléchir, parce qu'une bonne partie de l'action du courant eſt employée à la deſtruction de la machine. Comme elle doit d'autant plus fatiguer que la roue aura plus de vîteſſe, il n'y a point à douter que l'on ne mît la machine en danger de rompre, ſi l'on vouloit ſe prévaloir de la force du courant

lorſque la riviere eſt dans ſon état moyen, & voilà la raiſon qui oblige de baiſſer la vanne, pour empêcher que les aubes ne ſoient frappées en plein. Ainſi quand la machine ſouffre, ce n'eſt pas préciſément à cauſe que la roue va plus vîte, mais parce que les corps de pompes ont des défauts contraires à cette vîteſſe; au lieu que ſi l'eau montoit librement avec une vîteſſe égale à celle des piſtons, on pourroit en toute ſûreté laiſſer une plus grande partie des aubes en priſe au courant, pour donner à la roue plus de vîteſſe.

Les roues de cette machine font ordinairement deux tours par minute.

1121. Nous étant rendus dans la machine le 17 Septembre de l'année 1737, nous avons obſervé que chacune des roues faiſoit à-peu-près deux tours par minute; alors la riviere étoit forte, & les vannes ſe trouvoient baiſſées d'environ 15 pouces au-deſſous du niveau des eaux à l'endroit des arches du côté d'amont, & les quatre équipages enſemble donnoient environ 100 pouces d'eau. M. *Rannequin* s'étant auſſi rencontré dans la machine, nous dit que les pompes alloient auſſi-bien qu'on pouvoit le déſirer; que cependant s'il vouloit il donneroit plus de vîteſſe aux roues, mais que cela ne ſe pourroit ſans fatiguer beaucoup la machine.

Depuis le 17 Septembre, nous avons remarqué que les roues faiſoient toujours à-peu-près deux tours par minute, par conſéquent que les pompes fourniſſoient environ 100 pouces d'eau. Si dans certaines occaſions elles paroiſſent en donner davantage, c'eſt qu'on baiſſe moins les vannes, pour donner plus de vîteſſe aux roues; mais comme elles ne reſtent point long-tems dans cet état, crainte des ſuites fâcheuſes, ſagement prévues par M. *Rannequin*, chargé de l'entretien annuel de la machine, on ne doit compter que ſur 100 pouces d'eau dans le tems de l'année le plus favorable.

Quand cette machine ſera rectifiée, elle fournira au moins le double de l'eau qu'elle éleve ordinairement.

1122. Il s'agit donc, pour rectifier cette machine, d'employer de nouveaux corps de pompes, qui n'ayent aucun des défauts dont nous venons de parler, de leur donner 8 pouces de diametre, & de ſe ſervir de tuyaux montans de même calibre. Alors comme les piſtons ne ſeront guere plus chargés qu'auparavant, on aura de reſte toute la force que le courant employoit mal-à-propos, dont une partie ſervira à imprimer aux roues une plus grande vîteſſe, qui ſera bien reglée, lorſqu'au lieu de deux tours elles en feront trois par minute. C'eſt à quoi il ſera aiſé de les aſſujettir en hauſſant ou baiſſant la vanne plus ou moins, relativement à la force du courant; alors la machine ira rondement ſans rien avoir à craindre de la précipitation des frottemens, & l'on aura

au moins 100 pouces d'eau de plus que de coutume.

Ayant dit (1116) qu'à chaque tour que faiſoit une des roues, leur grand rouet horiſontal en faiſoit trois, il ſera bien plus commode d'eſtimer le produit de la machine par la vîteſſe de ſes rouets, que par celle de la roue, qu'on ne peut aller obſerver au bas de la machine, ſans s'expoſer à quelque danger; au lieu que l'on eſt en ſûreté ſur le plancher qui ſoutient les mêmes rouets. Comme il ſoutient auſſi les crics dont on ſe ſert pour hauſſer & baiſſer les vannes, on ſera à portée de les mettre au point convenable pour que les roues faſſent trois tours par minute, ce qui arrivera toujours quand chacun des grands rouets en fera 9 dans le même tems. J'ajouterai que comme on ne peut guere avec une montre meſurer exactement le tems d'une minute, il convient pour plus de préciſion d'en laiſſer écouler cinq; alors il faudra, pour que la vîteſſe de la machine ſoit bien reglée, que chacun des grands rouets faſſe 45 tours dans le même tems.

Quand la machine ſera rectifiée, on pourra laiſſer prendre plus de vîteſſe aux roues, ſans rien avoir à craindre de la précipitation des frottemens.

1123. Il ne faut point appréhender, lorſque les roues feront trois tours par minute, que la machine ait plus à ſouffrir qu'auparavant, au contraire, le jeu en ſera bien plus doux quand les piſtons ne rencontreront plus les obſtacles qui s'oppoſoient à leur mouvement; les réparations en ſeront moins fréquentes, les manivelles ſur-tout dureront bien plus long-tems, dès que la cauſe de leur fréquente rupture ne ſubſiſtera plus.

Expériences par leſquelles on prouve que les roues peuvent faire trois tours par minute.

1124. J'ai dit (1112) qu'ordinairement les vannes trempoient dans l'eau ſur la profondeur de 15 pouces, pour modifier la force du courant ſur les aubes, & que le 17 Septembre de l'année 1737, le ſieur *Rannequin* étoit convenu qu'on pouvoit faire faire aux roues plus de deux tours par minute. C'eſt de quoi j'ai été convaincu pluſieurs fois dans le cours de la même année, entr'autres le 26 Décembre, avec le ſieur *Sirebeau*, Fontainier de la Ville, qui m'a accompagné dans la machine; car ayant fait lever les vannes de 5 à 6 pouces, pour que les aubes reçuſſent l'impreſſion de l'eau ſur plus de hauteur que de coutume, j'ai vu le rouet de la roue ſeptentrionale faire 9 tours & demi en une minute, & celui de la roue méridionale en faire dix, ce que j'ai obſervé pendant une heure. Or puiſque le courant dans ſon état moyen eſt capable de faire faire aux roues trois tours par minute, malgré les obſtacles qu'oppoſe la mauvaiſe conſtruction des corps de pompes, & dans le cas où les aubes ne ſont pas choquées en plein, c'eſt une preuve inconteſtable qu'on pourra les entretenir dans cette vîteſſe, lorſque les corps de pompes ſeront rectifiés; mais en voici encore

une

une d'un plus grand poids, tirée du calcul de la puiſſance qui meut la machine.

La riviere vient ordinairement rencontrer les aubes, avec 8 pieds 9 pouces de vîteſſe par ſeconde.

1125. Les eaux de la riviere, le long du Quai Pelletier, étant ſoutenues par une peſſiere, leur niveau eſt ordinairement plus élevé de 12 ou 13 pouces que celui de l'eau qui coule du Pont Notre-Dame au Pont au Change, comme on en peut juger par pluſieurs remarques; ce qui fait que quand la riviere eſt dans ſon état moyen, ſa vîteſſe à la ſortie de la ſeconde & de la troiſieme arches du côté du nord, leſquelles répondent aux roues de la machine, eſt de 8 pieds 9 pouces par ſeconde, ou de 525 pieds par minute, comme j'en ai été convaincu par pluſieurs expériences faites avec l'inſtrument de M. *Pitot* (614). Il eſt vrai que quand il ſe rencontre beaucoup de bateaux entre le Pont Notre-Dame & le Pont au Change, cette vîteſſe eſt un peu retardée; mais auſſi quand cet obſtacle ne ſe rencontre point, il y a des tems où la vîteſſe de l'eau priſe à l'endroit que je viens de dire va juſqu'à 10 pieds par ſeconde, ſans qu'il ſoit ſurvenu de nouvelles crues d'eau. Ainſi nous nous en tiendrons à celle de 8 pieds 9 pouces, qui regne le plus conſtamment dans le cours de l'année.

Quand les roues feront trois tours par minute, leur vîteſſe ſera à-peu-près le tiers de celle du courant.

1126. Quand j'ai inſinué qu'il falloit que les roues de notre machine fiſſent trois tours par minute, je n'ai point déterminé cette vîteſſe au haſard, je l'ai déduite du principe général auquel doivent être ſoumiſes toutes les machines mûes par un fluide, ſavoir que pour qu'elles ſoient capables du plus grand effet, il faut que la vîteſſe de la roue ſoit le tiers de celle du courant (588). Or comme nous venons de voir que celui ſur lequel nous operons étoit capable de faire 525 pieds de chemin par minute, dont le tiers eſt 175 pieds, diviſant ce nombre par 54 pieds, circonférence que décrit le centre d'impreſſion des aubes dans chacune de leur révolution, il viendra $3\frac{13}{54}$; ce qui montre que pour que la vîteſſe de la machine ſoit bien reglée, il faudroit que chacune des roues fît trois tours & un quart de tour par minute: ainſi ne leur faiſant faire que trois tours ſeulement, leur vîteſſe ne ſera guere éloignée de celle qui leur convient à la rigueur. Il ne s'agit plus que de voir ſi en les aſſujettiſſant à ce point, la force reſpective du courant ſera capable de ſurmonter le poids des colonnes d'eau que les piſtons doivent refouler, y compris la réſiſtance cauſée par les frottemens.

La puiſſance appliquée aux roues eſt de 2308 livres.

1127. Les roues faiſant trois tours par minute, leur vîteſſe dans le même tems ſera de 162 pieds, qui étant retranchés de 525, reſte 363 pieds pour la vîteſſe reſpective du courant par minute, qui ſera de 6 pieds 7 lignes par ſeconde, répondant dans la troiſieme ta-

ble du premier volume, page 259, à un choc de $42\frac{3}{4}$ liv. sur une surface d'un pied quarré.

Les aubes ayant 18 pieds de largeur sur 3 pieds de hauteur (1114), leur superficie est de 54 pieds, qui étant multipliés par 42_4 liv. donnent 2308 l. pour la force respective du courant, ou pour l'expression de la puissance appliquée à chacune des roues.

Chaque équipage éleve une colonne d'eau du poids de 1955 livres.

1128. Pour estimer le poids de la colonne d'eau que chaque équipage doit refouler, on saura que dans le tems que la riviere est la plus basse, l'eau n'est jamais élevée à plus de 80 pieds au-dessus de son niveau. Or comme le diametre de toutes nos nouvelles pompes est de 8 pouces (1122), chaque équipage élevera donc une colonne d'eau de 80 pieds de hauteur, sur 8 pouces de diametre, qui pese 1955 livres.

Calcul de la force nécessaire pour mouvoir les deux équipages qui appartiennent à à une même roue.

1129. Si l'on se rappelle (1115) que la vîtesse de la colonne que l'équipage du *petit mouvement* refoule (1107) est le tiers de la vîtesse de la roue, on verra que le poids & la puissance dans l'état d'équilibre étant dans la raison réciproque de leur vîtesse, la puissance qui meut cet équipage sera le tiers du poids, c'est-à-dire, le tiers de 1955 liv. qui est 652 livres, qu'il faut multiplier par $\frac{19}{19}$, parce que le mouvement est communiqué à cet équipage par le moyen de l'engrainement d'un rouet & d'une lanterne (290); il viendra 688 liv. pour la puissance effective du même équipage, en faisant abstraction du frottement des tourillons, des balanciers, & de celui de la lanterne & de la roue, qui ne sont point assez sensibles pour s'y arrêter, parce qu'on va voir, qu'après nos calculs faits, il nous reste beaucoup plus de force qu'il n'en faut pour surmonter la résistance qui peut naître de cette part.

Etant prévenu aussi que la colonne d'eau que refoule l'équipage du *grand mouvement* (1108) monte avec une vîtesse égale à la moitié de celle de la roue (1116), la puissance qui meut cet équipage sera la moitié du poids, par conséquent de 978 livres; qu'il faut multiplier par le quarré de $\frac{19}{18}$, qui se réduit à peu de chose près à $\frac{10}{9}$, & non pas à $\frac{7}{6}$, comme on l'a rapporté dans les articles 293 & 298, où la réduction du quarré de cette fraction a été mal faite; il viendra après la multiplication 1087 liv. pour la puissance effective qui doit mouvoir ce second équipage, en faisant abstraction du frottement des tourillons comme ci-devant. Or si l'on ajoute l'estimation de cette puissance à celle de la précédente, il viendra 1775 liv. pour la somme des deux, c'est-à-dire, pour la force qu'il faudra au courant, afin de mouvoir les deux équipages en même tems; & comme nous venons de voir (1127) qu'il pouvoit exer-

cer ſur les aubes une force de 2308 liv. il lui en reſtera donc une partie équivalente à 533 liv. pour vaincre tous les obſtacles dont nous n'avons pas tenu compte, & pour ſuppléer à la modification du courant, lorſque les aubes, qui ſont au nombre de 8 à chaque roue, ſe trouvent dans la ſituation la plus déſavantageuſe (1065). Sur quoi il eſt bon d'être prévenu qu'ayant fait l'eſtimation de tous ces déchets, j'ai trouvé qu'ils ne pouvoient jamais aller à 200 liv; j'ai cru devoir en ſupprimer le détail, pour ne point employer l'impreſſion à d'auſſi petits objets, ſur leſquels je me ſuis aſſez étendu dans le premier chapitre du ſecond livre. Il nous reſte à faire voir quel ſera le produit de cette machine, lorſque les pompes étant rectifiées, les roues feront chacune trois tours par minute.

Calcul par lequel on prouve que quand les pompes ſeront rectifiées, elles éleveront au moins 200 pouces d'eau.

1130. Si l'on ſe rappelle qu'on a vu dans les articles 1115 & 1116 que les piſtons d'un équipage du petit mouvement donnoient 12 relevées à chaque tour de roue, & que ceux du grand mouvement en donnoient 18, on verra qu'à chaque révolution d'une des roues, les deux équipages qui lui répondent, élevent enſemble 30 colonnes d'eau de 18 pouces de hauteur (1115); par conſéquent les quatre équipages enſemble en éleveront 60, ou une ſeule de 90 pieds de hauteur ſur 8 pouces de diametre, qui peſe 2200 livres, qui étant diviſée par 28 livres, peſanteur d'un pouce d'eau (342), donne 78 liv. $\frac{4}{7}$ pouces pour le produit des quatre équipages à chaque tour de roue. D'où il ſuit que lorſque ces roues ſeront aſſujetties à faire trois tours par minute, la machine pourroit fournir dans le même tems 235 $\frac{5}{7}$ pouces; cependant je ne compte que ſur 200 pouces, pour avoir égard à tous les déchets imprévus, & c'eſt ſur quoi l'on pourra compter lorſque la riviere ſera dans ſon état moyen, c'eſt-à-dire, lorſqu'elle aura 8 à 9 pieds de vîteſſe par ſeconde dans l'endroit où je l'ai meſurée.

Les roues qui ſont à cette machine ſeroient bien plus parfaites, ſi elles n'avoient que ſix aubes au lieu de 8.

1131. Tout ce que nous venons d'expoſer étant fondé ſur des expériences & ſur des principes inconteſtables, nous ſommes ſûrs que l'événement ſera conforme à nos calculs, pourvu que les roues ſoient aſſujetties à faire trois tours par minute, ſans ſouffrir qu'on modifie l'action de cette vîteſſe dans le tems que la riviere en ſera capable, ce qu'on peut toujours eſpérer, excepté pendant les ſéchereſſes extraordinaires. Alors comme le courant a moins de vîteſſe que dans ſon état moyen, on peut augmenter la ſuperficie des aubes, en y ajoutant des planches. Je ferai remarquer à cette occaſion que les roues de cette machine ſeroient beaucoup plus avantageuſes, ſi au lieu de 8 aubes, elles n'en avoient que 6, chacune de 5 pieds de hauteur, pour les raiſons rapportées au ſujet de la

machine de la Samaritaine, dans les articles 1061, 1062, 1069, auxquels je renvoye, c'eſt pourquoi il conviendroit de s'y conformer la premiere fois qu'on voudra renouveller ces roues, pour n'avoir point la ſujettion d'augmenter la hauteur des aubes quand la riviere eſt baſſe. Au reſte je paſſe à l'explication de mes nouvelles pompes, qui pourront ſervir de modeles pour toutes celles qu'on voudra faire à l'avenir, ayant été généralement approuvées des habiles gens qui les ont examinées.

Explication des nouvelles pompes qu'on a exécutées pour rectifier la machine appliquée au Pont Notre-Dame.

1132. Les nouvelles pompes que nous allons décrire ſont ſi ſimples & ſi éloignées de tout ce qui peut exciter l'admiration, qu'on ſera ſans doute ſurpris qu'elles n'ayent point été imaginées plutôt, & qu'on ait fait ſi long-tems uſage des anciennes, ſans en avoir apperçu les défauts; mais, comme l'a dit fort à propos M. *de Fontenelle* dans l'Hiſtoire de l'Académie, les idées les plus naturelles ne ſont pas celles qui ſe préſentent le plus naturellement. Pour bien juger de l'effet des pompes, il falloit raiſonner ſelon les principes d'une théorie dont les ouvriers ne ſont guere à portée d'être inſtruits. D'ailleurs quand les choſes ſe trouvent autoriſées par un long uſage, on ne s'aviſe guere de ſoupçonner qu'elles ſont fort éloignées de leur perfection; elles ſe tranſmettent d'un ſiecle à l'autre avec la même confiance, & ce n'eſt pas ſans peine qu'on parvient à leur faire prendre une diſpoſition plus avantageuſe: le renouvellement de la philoſophie nous en fournit un bel exemple; mais pour ne point m'engager dans des réflexions qui pourroient me diſtraire de mon ſujet, je paſſe à la deſcription dont il s'agit.

Développement d'une nouvelle ſoupape.

PLAN. 4 & 5.

1133. Si l'on conſidere les figures compriſes ſur la quatrieme planche, on y verra les plans, profils & élévations des nouvelles pompes, qui n'ont aucun des défauts des anciennes, ayant ſupprimé la ſoupape à coquille, pour en ſubſtituer une autre qui laiſſe à l'eau que refoulent les piſtons toute la liberté du paſſage, comme on en peut juger par la troiſieme figure de la planche quatrieme, qui comprend l'intérieur des pompes refoulantes d'un équipage où cette ſoupape ſe trouve repréſentée dans les différens ſens où elle peut être apperçue, lorſque les pompes agiſſent, & mieux encore par les développemens rapportés ſur la cinquieme planche. La huitieme figure de cette planche 5 exprime cette ſoupape vue horiſontalement, ſéparée de ſon palier; la neuvieme, le même palier

accompagné d'une languette pour être ſerrée entre les brides des corps de pompes & de leurs branches ; la treizieme, un profil de l'eſſieu de la ſoupape, pour faire voir de quelle maniere il y eſt uni avec des vis & écrous ; la quatorzieme, un profil du palier ſéparé de la ſoupape ; la quinzieme, une vue horiſontale de cette ſoupape enfermée dans ſon palier, pour faire voir comme les tourillons ſont retenus par en haut avec des ſusbandes attachées avec des vis; la ſeizieme eſt un profil de la ſoupape & de ſon palier dans la ſituation précédente : enfin la dix-ſeptieme, un autre profil du palier & de la ſoupape quand elle eſt ouverte.

1134. Cette ſoupape eſt compoſée d'un diaphragme circulaire & mobile ſur les tourillons C, D, d'un axe EF, dont le milieu ne paſſe point par le centre G, s'en trouvant éloigné de la douzieme partie du diametre AB, *qu'on ſuppoſe un peu plus grand que celui des corps de pompes*, c'eſt-à-dire, que ce diametre étant diviſé en 12 parties égales, l'intervalle AH en comprend ſept, & l'autre HB cinq.

Le centre de mouvement de cette ſoupape, eſt éloigné de ſon centre de grandeur, de la douzieme partie de ſon diametre.

PLAN. 5. FIG. 8 & 17.

1135. On remarquera auſſi que le centre I de l'axe EF (fig. 17) ſe trouve éloigné du milieu de l'épaiſſeur du diaphragme AB, d'une diſtance IH, égale auſſi à la douzieme partie du diametre AB, ce qui fait naître un levier coudé KIH, dont le plus petit bras IK répond aux frottemens des tourillons, & l'autre IH ſoutient à ſon extrémité H le poids de la ſoupape, qui ne peut reſter ouverte, à moins qu'elle n'y ſoit contrainte par une force étrangere.

Cette ſoupape a un bras de levier égal à la douzieme partie de ſon diametre.

1136. Les ſegmens inégaux dont cette ſoupape ſe trouve compoſée, ſont accompagnés de rebords en chanfrein AL, BM, diſpoſés dans un ſens contraire, afin que quand elle eſt fermée, le premier AL qui répond au plus grand ſegment puiſſe s'appuyer de haut en bas, ſur le bord ſupérieur OP du palier, & l'autre BM de bas en haut contre le bord inférieur QR, avec leſquels la ſoupape doit s'emboîter parfaitement.

Les rebords des ſegmens de cette ſoupape ſont dans un ſens oppoſé.

FIG. 16 & 17.

1137. Quand le piſton refoule, l'eau pouſſe de bas en haut la ſoupape (fig. 16), mais avec beaucoup plus de force contre le grand ſegment HA que contre le petit HB, *dans la raiſon du produit de la ſuperficie de chacun de ces ſegmens par le bras de levier qui lui répond*, c'eſt-à-dire, par la diſtance de ſon centre de gravité à ſon centre de mouvement. Alors la ſoupape s'ouvre pour ſe mettre dans une ſituation verticale (fig. 17) au milieu du cercle de ſon palier, parce que le bras de levier IH a autant rejetté le point H vers le centre du palier, qu'il s'en trouvoit éloigné quand la ſoupape étoit fermée, & l'eau paſſe librement des deux côtés du diaphragme ſans rencontrer aucun obſtacle, parce que le cercle du palier a été

Explication du jeu de cette ſoupape.

fait un peu plus grand que celui du corps de pompe, pour avoir égard à la place que peut occuper la ſoupape. Ainſi le premier & le ſecond défaut des anciennes pompes (1117, 1118) ſe trouvent ici entierement corrigés.

1138. D'autre part, au premier inſtant que le piſton commence à deſcendre, la ſoupape ceſſant d'être ſoutenue par l'eau qui montoit, ſe referme, étant entraînée par ſon propre poids, qui agit à l'extrémité de ſon bras de levier, ſans aucune oppoſition que celle du frottement des tourillons. Alors la colonne d'eau qui eſt deſſus s'appuyant beaucoup plus ſur le grand ſegment que ſur le petit, il eſt impoſſible que la ſoupape puiſſe s'ouvrir d'elle-même; au contraire, plus le poids de la colonne qu'elle ſoutiendra ſera grand, & mieux les bords s'appuieront contre leurs paliers.

Explication des figures qui facilitent l'intelligence des nouveaux corps de pompes.

1139. Pour avoir lieu de donner plus de ſuperficie au cercle intérieur du palier que n'en a celui du piſton (1134), on a évaſé le ſommet DE de chaque corps de pompe CDEF, de même que leur *chapiteau* GHIK, pour ſuppléer au volume qu'occupe la ſoupape AB quand elle eſt ouverte, afin que l'eau qui eſt refoulée ne ſoit contrainte en aucun endroit.

PLAN. 4. FIG. 3. Pour la même raiſon, on a ſupprimé la *fourche* des anciennes pompes (1111), & on a ſubſtitué en ſa place un *récipient* NOPQR, qui ne fait qu'une ſeule piece avec les trois chapiteaux GHIK, ayant été fondus enſemble; ainſi l'on voit que l'eau refoulée par les piſtons vient ſe réunir dans le récipient, pour paſſer de-là dans le tuyau montant, & que par ce moyen le troiſieme défaut (1119) ſe trouve entierement corrigé.

La premiere figure repréſente extérieurement l'union des corps de pompes avec leurs chapiteaux & le récipient accompagné d'un cordon M, ſervant à ſoutenir le tout ſur les moiſes dont ce récipient doit être embraſſé. La ſeconde eſt une coupe qui paſſe par la verticale ST, faiſant voir l'intérieur du récipient à l'endroit SL, la forme extérieure du corps de pompe qui eſt dans le milieu, & le profil du cordon M du récipient.

La quatrieme eſt une autre coupe qui paſſe par la verticale VX, pour montrer l'intérieur du recipient du chapiteau & du corps de pompe qui eſt dans le milieu, avec la diſpoſition où ſe trouve la ſoupape AB quand elle eſt ouverte & vue en face.

La ſixieme eſt une coupe horiſontale priſe ſur l'alignement YZ, qui repréſente le ſommet des corps de pompes refoulantes, leur bride & leur évaſement DE. Enfin la ſeptieme eſt une autre coupe horiſontale priſe ſur l'alignement NR du récipient, pour en faire

voir le fond & ſon union avec le colet HI des chapiteaux, dont le diametre en cet endroit eſt égal à celui des corps de pompes.

1140. Quant à la cinquieme figure, elle comprend un profil qui montre la communication des pompes aſpirantes & refoulantes par le moyen de la bache qui leur eſt commune, & des piſtons qui doivent jouer en même tems dans l'un & dans l'autre, pour aſpirer & refouler l'eau; comme ces piſtons n'ont rien de commun avec ceux dont on s'eſt ſervi juſqu'à préſent, en voici l'explication.

Conditions qui peuvent rendre un piſton accompli.

1141. Pour rendre un piſton exempt de défauts, il faut que ſa conſtruction ſoit aſſujettie à quatre conditions eſſentielles.

La premiere, qu'il ſoit percé d'une ouverture aſſez grande pour que l'eau qui doit le traverſer puiſſe remplir entierement le corps de pompe dans le tems que le piſton manœuvre (953, 954).

La ſeconde, que la ſoupape qui ferme le paſſage, laiſſe à l'eau une entiere liberté de monter, & que lorſqu'elle eſt baiſſée elle ſoit bien étanche.

La troiſieme, que l'axe du piſton ſe trouve toujours vertical, malgré l'obliquité que reçoit la tige dans le mouvement des balanciers ou des manivelles, pour éviter toute contrainte, afin que le cuir qui entoure le piſton ne fatigue pas plus d'un côté que de l'autre.

La quatrieme, que le cuir qui cauſe l'adhéſion du piſton à la ſurface intérieure du corps de pompe, ſoit tellement diſpoſé qu'il puiſſe durer long-tems, pour éviter les fréquentes réparations que cette partie occaſionne, ce qui eſt cauſe qu'il arrive ſouvent qu'un ou pluſieurs équipages ſont obligés de chommer. A quoi l'on peut ajouter que pour que le piſton ſoit accompli, il doit être le plus ſolide qu'il eſt poſſible, puiſque c'eſt de toutes les pieces d'une pompe, celle qui fatigue davantage; ce ſont ces conditions que l'on a fait enſorte de remplir dans la conſtruction du piſton que nous avons imaginé.

Deſcription d'un nouveau piſton refoulant, fait ſelon les conditions précédentes.

1142. Le corps de ce piſton eſt compoſé d'une boëte de fonte ICDK, ſervant de noyau à un nombre de rondelles de cuir GH preſſées les unes ſur les autres, ayant pour baſe une ſaillie EF, qui regne autour de la boëte en forme de corniche.

La ſurface extérieure de cette boëte vers le ſommet CD eſt taillée en vis pour s'ajuſter avec un anneau AB, ſervant d'écrou & à preſſer les rondelles de cuir autant qu'il eſt poſſible; enſuite on a appliqué ſur cet anneau une ſoupape à baſcule, ſemblable à celle que nous venons de décrire, retenue par quatre vis.

PLAN. 5. FIG. 10, 11, 12 & 20.

Le bas de la boëte eſt terminé par deux oreilles I, K, percées

pour recevoir un boulon LM, ſervant à enfiler une fourche NO, dont le manche P n'eſt autre choſe que la tige du piſton, laquelle peut jouer librement autour de ſon boulon. Ainſi quand le piſton ſera logé dans le corps de pompe, & que les balanciers ou les manivelles feront ſortir la tige de la direction verticale, le piſton s'y maintiendra & laiſſera prendre à la tige les obliquités que l'action de la machine peut faire naître, ſans que le piſton en reçoive aucune contrainte, ce qui ſatisfait à la troiſieme condition.

Les rondelles de cuir étant appliquées les unes ſur les autres, compoſeront enſemble un corps incomparablement plus ſolide que s'il n'y avoit autour de la boëte qu'une bande comme à l'ordinaire, parce que le cuir eſt capable d'une bien plus grande réſiſtance ſur ſa tranche que ſur ſa ſurface. D'ailleurs l'adhéſion en ſera bien plus parfaite, parce qu'à meſure que le cuir s'uſera par le frottement, il ſera renouvellé, pour ainſi dire, par les parties contiguës, qui ſont pouſſées en dehors pour ſortir de la contrainte où elles ſont refoulées, l'eau dont elles ſont imbibées les faiſant tendre à occuper un plus grand volume. Or comme elles ne peuvent ſe dilater que vers les parois du corps de pompe, ces rondelles ſerviront long-tems avant que l'on ſoit obligé de les renouveller, d'autant mieux qu'elles ne fatigueront jamais plus d'un côté que de l'autre ; ce qui ſatisfait à la quatrieme condition.

La boëte de ce piſton étant de cuivre, on pourra toujours faire ſon diametre intérieur au moins auſſi grand que celui du tuyau d'aſpiration ; & comme le trou de la ſoupape eſt ſuppoſé avoir le même diametre que celui de cette boëte, on voit que quand le piſton deſcendra, il pourra paſſer au travers au moins autant d'eau qu'il en doit refouler en montant, & qu'il en pourroit même monter bien plus que le corps de pompe n'en peut contenir, parce que le poids de l'air agit en plein ſur la ſurface de l'eau qui eſt dans les baches, ce qui ſatisfait à la premiere & à la ſeconde condition.

Deſcription d'un piſton aſpirant, conditionné comme le précédent.

1143. A l'égard du piſton aſpirant, il eſt entierement conſtruit dans le goût du précédent ; toute la différence, c'eſt que la ſaillie AB doit être en haut, de même que les oreilles C, D qui ſervent à ſuſpendre le piſton à la fourche E qui lui tient lieu de tige ; ainſi la vis & l'anneau FG doivent être placés au bas de la boëte H, pour ſoutenir & ſerrer les rondelles de cuir IK. Quant à la ſoupape, on voit dans la vingt-unieme figure, qui repréſente le deſſus du piſton, vu horiſontalement, que la languette du palier eſt échancrée à l'endroit des oreilles OP, & qu'il ne reſte de cette languette que

PLAN. 5. FIG. 18, 19 & 21.

les

les deux parties MN, attachées sur le rebord AB avec des vis.

Comme la dix-huitieme figure représente bien naturellement le profil de ce piston, & la dix-neuvieme, la disposition extérieure de la boëte & de toutes les parties qui l'accompagnent, excepté les rondelles de cuir qu'on a supprimées pour n'en point cacher le corps; je ne m'y arrêterai pas davantage, parce que tout ce que j'ai dit au sujet du piston précédent peut être appliqué à celui-ci.

1144. Pour juger du rapport des parties de la soupape développée sur la cinquieme planche, relativement à la grosseur du corps de pompe où l'on voudra l'employer, il faut être prévenu qu'on a pris le diametre du corps de pompe divisé en huit parties égales, & la premiere encore subdivisée, pour l'échelle dont on s'est servi, & qu'on en a usé de même pour celle des pistons, c'est-à-dire, que les parties du diametre du corps de pompe doivent être considérées comme arbitraires, ainsi que les modules dans l'architecture civile.

Les mesures qui déterminent les parties de la soupape & des pistons précédens, sont prises sur le diametre du corps de pompe.

Par exemple, on veut savoir quel doit être le diametre intérieur du palier de la soupape, il faut le prendre avec le compas, dans la neuvieme figure, le porter sur l'échelle, on le trouvera de huit parties & demie, c'est-à-dire, que si le diametre du corps de pompe est de 8 pouces, celui du palier de la soupape sera de 8 pouces 6 lignes.

De même on demande quel doit être le diametre intérieur de la boëte du piston refoulant; je prends dans la dixieme figure ce diametre, & l'ayant rapporté à l'échelle, je trouve qu'il contient huit parties & demie, ce qui montre que si ce diametre est encore de 8 pouces, celui de cette boëte sera de 8 pouces 6 lignes: ainsi des autres. Car quoique l'échelle qui appartient aux pistons paroisse moins grande que celle de la soupape, cela n'empêche pas que l'une & l'autre ne puisse appartenir à la même pompe, n'ayant fait celle des pistons plus petite, qu'afin de pouvoir rassembler leurs développemens sur la même planche.

1145. Il nous reste à donner la maniere de tracer l'évasement supérieur des corps de pompes & la figure de leurs chapiteaux. Pour commencer par l'évasement des pompes, il faut diviser le diametre AB en 8 parties égales, que nous nommerons modules; sur le milieu on élevera la perpendiculaire CD que l'on fera de 3 modules; par le point D, on fera passer la ligne HG parallele au diametre AB, & du point D comme centre, avec le rayon DA ou DB, on décrira les arcs AE & BF, qui formeront l'évasement AEFB.

Maniere de tracer les corps de pompes, leur chapiteau & le dégorgement.

PLAN. 3. FIG. 8.

Il faut que la largeur des rebords EH & FG ſoit plus grande d'un module que l'épaiſſeur qu'on donnera au métal des pompes, relativement à l'effort qu'ils auront à ſoutenir, & que les ſaillies O ſoient d'un demi-module.

Pour tracer le profil du chapiteau, il faut commencer par décrire un rectangle IZLK, dont la baſe IK ſoit de 11 modules, & la hauteur IZ de 2; enſuite tracer ſur le milieu de la ligne IK un autre rectangle MTXN, dont la baſe MN ſoit égale au diametre AB du corps de pompe, & la hauteur MT de 6 modules.

Cela poſé, on diviſera la ligne ZL en trois parties égales, aux points Q, R, & de ces points, comme centre, on décrira les arcs ZT & LX; enfin on prolongera les perpendiculaires MT, ZX de la hauteur TV, XY de 2 $\frac{1}{2}$ modules, pour avoir le rectangle TVYX, qui marquera l'intérieur du collet du chapiteau.

Après cette conſtruction, qui ſert à former les noyaux dont le Fondeur a beſoin, il ne reſte plus qu'à déterminer l'épaiſſeur du métal, en ſe conformant à l'article 950, & l'on obſervera de fortifier les rebords HE & FG des corps de pompes par les quarts de rond P.

PLAN. 4. FIG. 3. Pour dire auſſi un mot du récipient XOQR, on déterminera la longueur XR de ſa baſe, ſelon le nombre des corps de pompes qu'il faudra accoler: par exemple, quand il y en aura trois, on fera XR quintuple du diametre des corps de pompes, & triple, lorſqu'il n'y en aura que deux. Si je ne me ſuis pas conformé à cette regle, c'eſt que j'ai été aſſujetti à la diſpoſition des parties de la machine du Pont Notre-Dame. A l'égard de la largeur intérieure du récipient, il faut qu'elle ſoit égale au diametre des corps de pompes, & lui donner le plus de hauteur qu'il eſt poſſible, pour diminuer l'inclinaiſon de ſes côtés.

Diſpoſition qu'il faut donner aux nouvelles pompes, lorſque les piſtons refoulent de haut en bas.

1146. Ayant fait remarquer dans les articles 999, 1011 & 1012, le défaut des pompes du Val-Saint-Pierre, qui étoit cauſe qu'elles ne fourniſſoient que dix muids d'eau par heure, au lieu de quinze qu'elles pourroient produire, ſi elles étoient rectifiées, je me ſuis réſervé de faire voir dans celui-ci la maniere de rendre ces pompes parfaites, afin qu'étant prévenu de ce que je viens d'inſinuer ſur celles du Pont Notre-Dame, on entrât plus facilement dans mes vues; je profiterai de cette occaſion, pour montrer la diſpoſition qu'il faut donner aux pompes, lorqu'on veut que les piſtons refoulent de haut en bas.

Je ſuppoſe qu'il s'agit d'une machine qui doit faire mouvoir

trois piſtons, pour refouler de haut en bas l'eau de leur corps de pompe dans un même tuyau montant, enſorte qu'elle ne rencontre aucun obſtacle en chemin, pour que la puiſſance ſoit totalement employée à remplir ſa principale fonction ; que l'on a déterminé la levée des mêmes piſtons par rapport à la conſtruction de la machine, pour connoître la hauteur qu'il faudra donner aux corps de pompes ; & qu'on a trouvé leur diametre, relativement à la force du moteur & à l'élévation du réſervoir au-deſſus de la ſource, en ſuivant la regle rapportée à la page 168.

Cela poſé, conſiderez la premiere figure de la planche ſixieme, qui repréſente le profil des parties d'une pompe dont le diametre eſt ſuppoſé de 8 pouces, & la levée des piſtons de 20. Ce profil comprend trois pieces principales ; la premiere, le corps de pompe ABCD fondu avec le rameau EFDG, dont le diametre intérieur eſt égal à celui du piſton ; la ſeconde, la branche FGHIK, évaſée à ſa ſortie pour les raiſons rapportées dans l'article 1139 ; la troiſieme, le récipient LNOM, fondu avec les chapiteaux KLMI. PLAN. 6. FIG. 1.

A l'égard des ſoupapes placées au fond CD des corps de pompes & à la ſortie KI des branches, on ſuppoſe qu'elles ſont faites à baſcule, comme on l'a décrit dans les articles 1134, 1137, 1138, & que tous les endroits par où doit paſſer l'eau ſont au moins auſſi grands que le cercle du piſton ; que ceux du collet NPQO & du tuyau montant ont une ſuperficie double de celle du cercle du piſton, afin d'avoir égard à l'article 898.

Les figures 2 & 3 expriment l'élévation extérieure de cette pompe, conſidérée de côté & en face du récipient ; la quatrieme, le profil du récipient, des chapiteaux & du coude des branches ; la cinquieme repréſente à vue d'oiſeau la jonction des corps de pompes, des branches & du récipient ; & la ſixieme, la coupe horiſontale des corps de pompes, accompagnés de leurs branches.

Pour faire ſentir de quelle maniere cet équipage doit être établi ſolidement, on voit dans la premiere, ſeconde & cinquieme figures, que les corps de pompes ſont entretenus enſemble par des moiſes RS liées avec des bandes de fer ; que les branches ſont encaſtrées & arrêtées ſur une ſemelle TV, & que le récipient eſt ſoutenu par des moiſes XY. J'ajouterai qu'on a repréſenté dans la premiere & ſeconde figures le tuyau d'aſpiration Z, dont les pompes doivent être accompagnées, lorſqu'elles ne répondent point immédiatement à la ſource, comme on l'a ſuppoſé dans l'article 1003.

Les pompes pour les incendies devroient être faites dans le goût de celles de l'article précédent.

1147. Il eſt bon de remarquer en paſſant, que lorſqu'on veut accoller deux pompes pour les incendies, comme celle qui eſt repréſentée ſur la treizieme planche du chapitre précédent, il convient, pour les rendre exemptes de défaut, de les faire dans le goût de celles que je viens de décrire, c'eſt-à-dire, qu'au lieu d'aboutir à une fourche, il faut qu'elles répondent à deux branches unies à un récipient, & n'y employer que des ſoupapes à baſcule, & des piſtons comme celui qui eſt décrit dans l'article 957.

Explication des nouvelles pompes pour rectifier celles de la Samaritaine.

1148. Ayant fait remarquer auſſi dans l'article 1055, que les pompes de la Samaritaine avoient le même défaut que celles du Val-Saint-Pierre & du Pont Notre-Dame, j'ai rapporté les figures 7 & 8, qui montrent la forme qu'il faudroit donner à chaque équipage de cette machine, pour la rendre capable d'un produit proportionné à la force du courant qui la fait agir. Comme ces figures ſont exprimées ſi naturellement, qu'il ne faut qu'un coup-d'œil pour juger de leur objet, & que l'on trouvera avec le ſecours de l'échelle le rapport de leurs parties, je ne m'y arrêterai pas davantage.

Ayant inſinué dans l'article 317, qu'on ne devoit point commencer une machine ſans avoir fait auparavant un devis bien circonſtancié des dimenſions & façons qui convenoient à chaque piece, je vais rapporter pour exemple celui que j'ai remis au Fondeur pour la conſtruction des pompes du Pont Notre-Dame.

Devis des nouvelles pompes pour la rectification de la machine appliquée au Pont Notre-Dame à Paris.

ARTICLE PREMIER.

PLAN. 4. FIG. 1 & 3.

Corps de pompe.

Les corps de pompes refoulantes ſeront au nombre de trois, accollés pour chaque équipage, ce qui fait douze corps de pompes pour les quatre équipages enſemble, leſquels doivent être uniformes dans leurs dimenſions, comme ils ſont repréſentés par l'élévation & le profil d'un de ces équipages.

II.

Les deſſeins ont été donnés au Fondeur dans la grandeur naturelle des parties.

Pour plus d'intelligence, on a deſſiné en grand les principales parties d'un corps de pompe & du chapiteau qui lui répond, afin que l'un & l'autre puſſent ſervir de modele au Fondeur, qui n'aura qu'à imiter exactement trait pour trait ce qui eſt exprimé dans le deſſein.

Le diametre intérieur AB de chaque corps de pompe, ſera de 8 pouces, & le diametre extérieur de 9 pouces 8 lignes, afin que l'épaiſſeur du métal ſoit de 10 lignes. *dont on parle ici.* PLAN. 3. FIG. 8.

III.

La hauteur des corps de pompes ſera de 32 pouces entre leurs extrémités, celle d'en bas ſera évaſée de 8 lignes ſur la hauteur de 2 pouces, c'eſt-à-dire, que pour faciliter l'introduction du piſton, l'entrée des corps de pompes aura 8 pouces 8 lignes de diametre.

IV.

A l'égard du diametre EF de l'extrémité ſupérieure qui répond à la ſortie de l'eau, il doit être de 10 pouces, afin de former un évaſement AEFB ſur une hauteur CD de 3 pouces.

Pour tracer cet évaſement, on décrira du centre D & de l'intervalle DA les portions de cercle AE & BF.

Le diametre extérieur HG de la même extrémité, doit être de 13 pouces 8 lignes, afin d'avoir une couronne d'un pouce 10 lignes de largeur pour la jonction du corps de pompe & de ſon chapiteau.

V.

La largeur de la ſaillie HG ſervant de cordon, ſera de 6 lignes, ſur une épaiſſeur HO ou GO de 10 lignes, & l'on fera immédiatement après ce cordon un quart de rond P, de 8 lignes de rayon.

VI.

Chaque corps de pompe ſera accompagné de quatre brides, (*fig. 6*) pour l'unir à ſon chapiteau. PLAN. 4.

VII.

Chaque corps de pompe ſera percé bien droit, parfaitement cylindrique, bien aleſé, & leur ſurface intérieure auſſi polie qu'il ſe pourra; c'eſt à quoi le Fondeur aura grande attention, cette partie exigeant d'être achevée avec beaucoup de ſoin.

VIII.

Chapiteaux.

Les chapiteaux ſeront figurés intérieurement, comme le repréſente leur profil. Leur grand diametre IK ſera de 11 pouces, pris PLAN. 3. FIG. 8.

intérieurement, & le diametre extérieur de 13 pouces 8 lignes; ainſi la ſaillie du cordon ſera de 6 lignes, & l'épaiſſeur de ce chapiteau de 10.

IX.

Pour tracer le chapiteau, on prendra ſur le diametre MK les parties IM & MK chacune d'un pouce 6 lignes, on élevera aux points M, N des perpendiculaires indéfinies, on élevera auſſi les perpendiculaires IZ, KN de 2 pouces, on menera la parallele ZL à la ligne IK, on la diviſera en trois parties égales aux points Q, R, & de ces points comme centre avec les rayons RZ & QL, on décrira les arcs ZT, LX, qui venant rencontrer les perpendiculaires élevées aux points M, N, détermineront la concavité du chapiteau, dont on aura le collet en donnant aux lignes TV, XY 2 pouces 6 lignes.

X.

Chaque chapiteau ſera accompagné de quatre brides diſpoſées de maniere à pouvoir ſe raccorder exactement avec celles des corps de pompes, pour les unir enſemble par des vis & écrous, comme à l'ordinaire; au ſurplus, il faut que ces chapiteaux ſoient bien aleſés, & la ſurface intérieure adoucie comme celle des corps de pompes.

XI.

L'intervalle du collet d'un chapiteau à celui de l'autre doit être de 4 pouces 8 lignes pris extérieurement; alors ſelon les meſures précédentes, la diſtance d'un corps de pompe à l'autre ſera auſſi de 4 pouces 8 lignes.

XII.

Récipient. PLAN. 4. FIG. 3. Les trois chapiteaux qui répondent à chaque équipage ſeront mis & fondus avec un récipient MNOQR, deſtiné pour la communication de l'eau des corps de pompes dans le tuyau montant: ce récipient aura par le bas intérieurement dans ſa longueur NR 35 pouces 4 lignes, ſur une largeur de 8 pouces, priſe auſſi intérieurement.

XIII.

La hauteur de ce récipient compriſe entre OQ & NR, ſera de 23 pouces, & ſon ſommet ſe terminera à un collet OPQ de 8

pouces de diametre, ſur une hauteur de 4 pouces, obſervant que ſi l'on pouvoit avoir des tuyaux montans du calibre de 12 pouces, il faudroit donner à ce collet 12 pouces de diametre au lieu de 8.

Le Fondeur prendra bien garde de faire enſorte que le centre de ce collet réponde préciſément dans le milieu de l'intervalle qui ſe trouve entre le premier & le ſecond corps de pompe, afin que le ſecond tuyau montant n'empêche pas le jeu des cadres ou chaſſis qui portent les piſtons.

XIV.

Pour juger de quelle maniere le récipient & les chapiteaux des corps de pompes doivent être unis enſemble, il faut conſiderer les figures ſeconde & quatrieme, qui ſont des profils, dont le premier fait voir que le fond ALB du récipient eſt fait en demi-cercle, & le ſecond que les faces oppoſées du même récipient ſont réunies par une courbure ABC, formant auſſi un demi-cercle de 8 pouces de diametre. PLAN. 4. FIG 2 & 4.

XV.

L'épaiſſeur du récipient doit être de 16 lignes & regner uniformément depuis le ſommet juſqu'à l'alignement EF du raccordement des chapiteaux.

XVI.

La ſurface extérieure du récipient ſera accompagnée d'un cordon placé dans le milieu de ſa hauteur ; ce cordon aura une ſaillie de 2 pouces ſur une épaiſſeur d'un pouce, raccordé en chanfrein avec la ſurface du récipient ; ſon objet eſt de ſoutenir le récipient ſur les moiſes qui doivent l'embraſſer.

XVII.

Pour faciliter le raccordement du collet du récipient avec le tuyau montant, & faire enſorte que ce tuyau ſoit incliné de maniere à pouvoir paſſer dans les ouvertures pratiquées au plancher de la cage de la machine, on les joindra par un tuyau de fonte incliné, ſelon le profil qui ſera donné au Fondeur ; ainſi ce tuyau doit être accompagné de brides à ſes deux extrémités pour l'unir avec le collet du récipient & le tuyau montant.

POMPES ASPIRANTES.

XVIII.

Les corps de pompes d'aſpiration ſervant à élever l'eau dans les baches auront intérieurement 8 pouces 3 lignes de diametre ſur 30 pouces de hauteur & 8 lignes d'épaiſſeur ; on leur fera des rebords pour les ſoutenir dans le fond des baches ; ils ſeront aleſés & conditionnés comme ceux de l'article ſeptieme.

XIX.

L'entrée de ces corps de pompes ſera évaſée de 8 lignes ſur 2 pouces de hauteur, comme dans l'article 3, pour faciliter l'introduction du piſton.

XX.

Ces corps de pompes doivent être placés dans le fond des baches à 4 pouces 10 lignes de diſtance l'un de l'autre, de maniere que leur axe & celui des pompes ſupérieures ſoient dans une même verticale, afin que les uns & les autres ſe répondent parfaitement, obſervant qu'il y ait 21 ou 22 pouces de diſtance, entre les pompes ſupérieures & les inférieures, afin que le jeu de leur piſton puiſſe ſe faire librement ; ainſi l'on voit que la poſition des pompes ſupérieures doit ſe faire relativement aux inférieures.

XXI.

On ne parle point dans ce devis de la maniere dont les ſoupapes & les piſtons doivent être conditionnés, parce qu'on en remettra des modeles au Fondeur, auxquels il faudra qu'il ſe conforme en tout point, n'étant pas poſſible d'exprimer par écrit la figure & la diſpoſition d'un grand nombre de petites parties, dont on ne peut avoir l'intelligence ſans le ſecours des reliefs.

XXII.

Le Fondeur ſe conformera exactement à tous les articles du préſent devis, il prendra garde ſur toute choſe que ſa fonte ſoit de bonne matiere, qu'il ne s'y rencontre aucune ſoufflure ou gerſure, devant s'attendre que ſon ouvrage ſera viſité ſcrupuleuſement avant ſa reception ; que ſi l'on y trouve quelque défaut, il ſera tenu de recommencer à ſes frais les pieces qui ne ſeront pas trouvées ſuffiſamment bien conditionnées, ſans qu'il puiſſe prétendre aucun dédommagement, puiſque ce n'eſt qu'à ces conditions que les ouvrages ci-deſſus mentionnés lui ont été accordés.

Ce

Développemens de la Machine appliquée au pont Nôtre Dame à Paris

Fig 1re

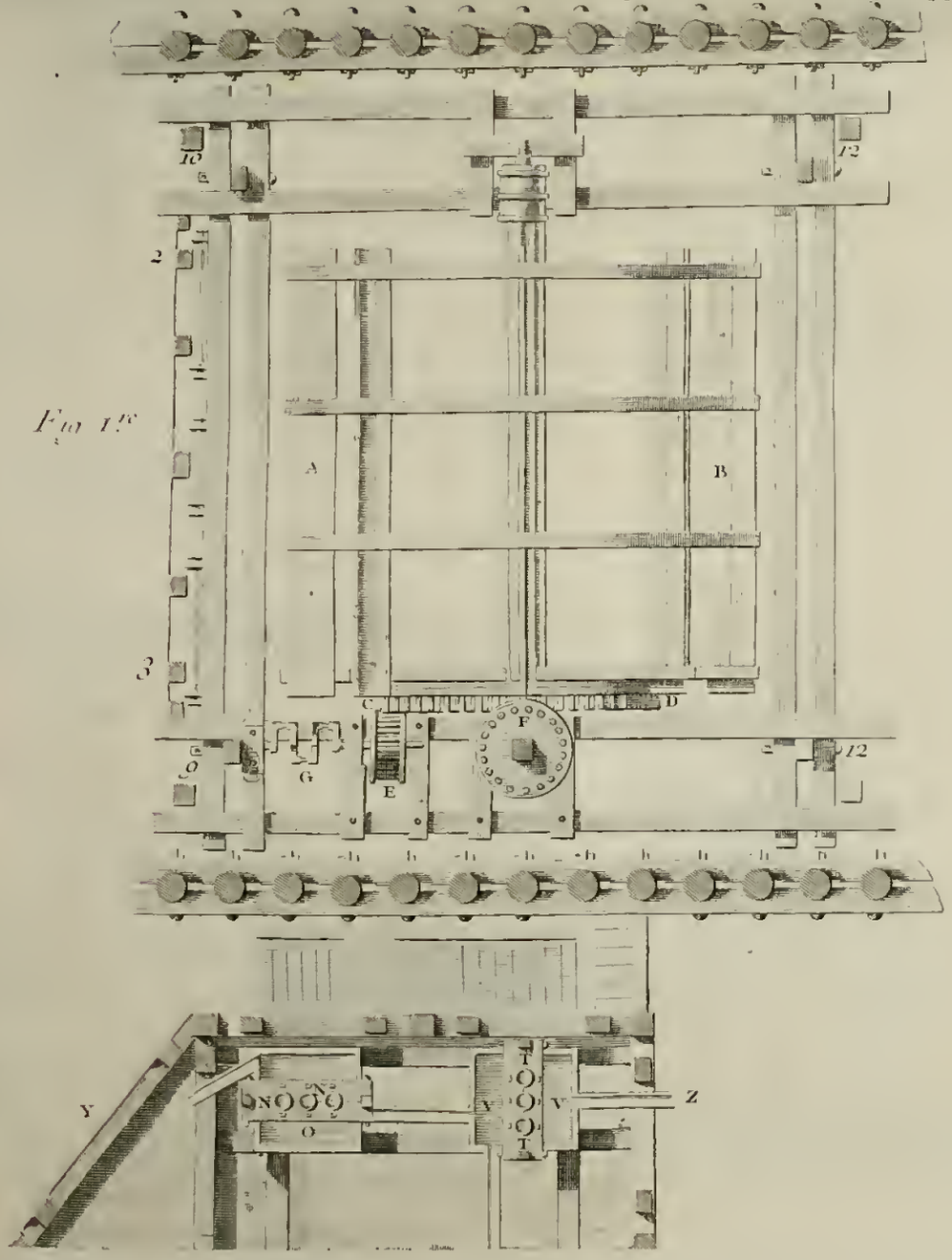
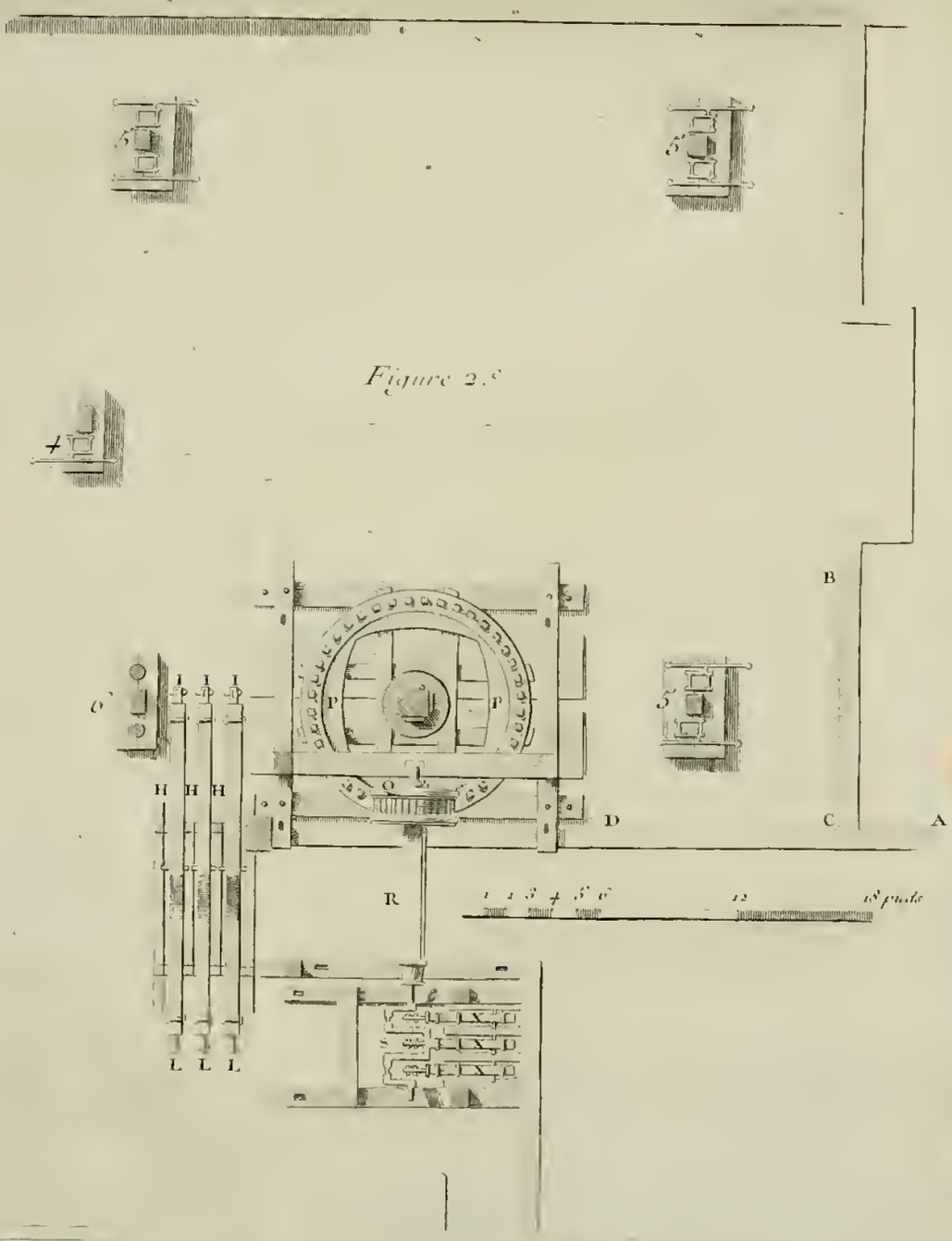
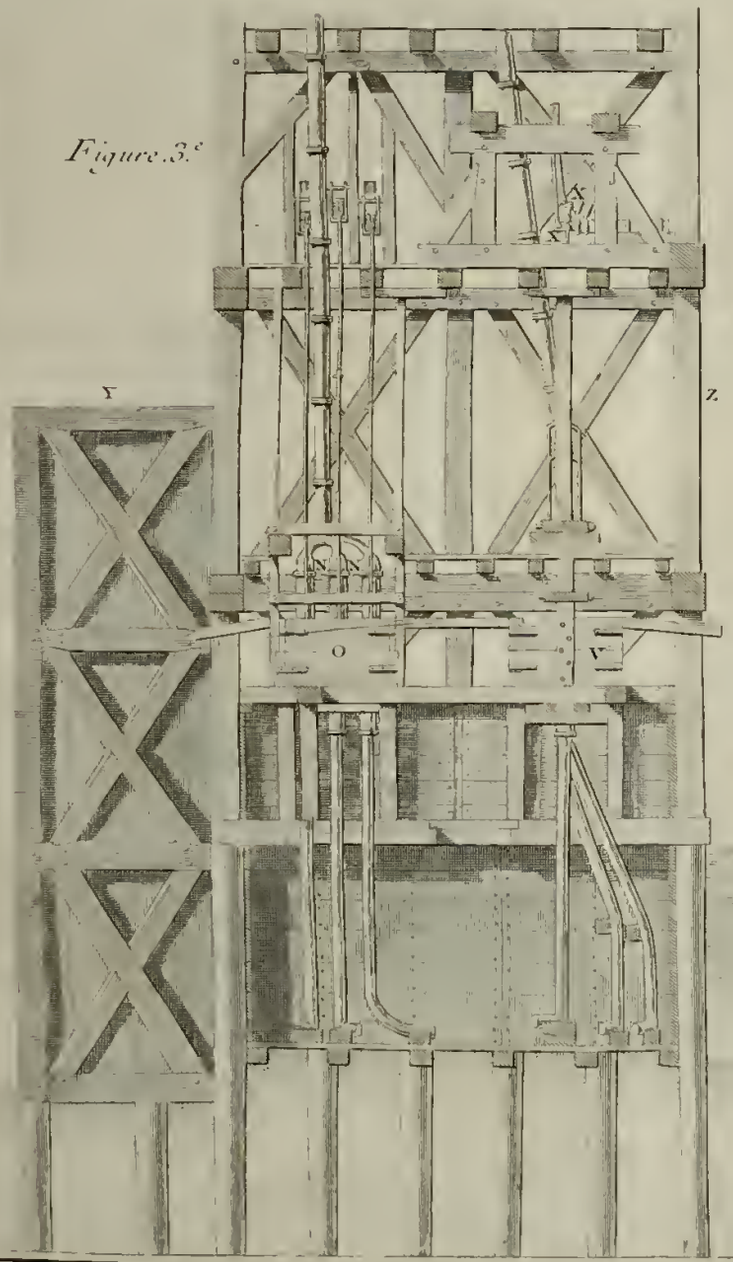


Figure 2.e



Dévelopemens de la Machine appliquée au pont Nôtre Dame à Paris.

Figure 3.e



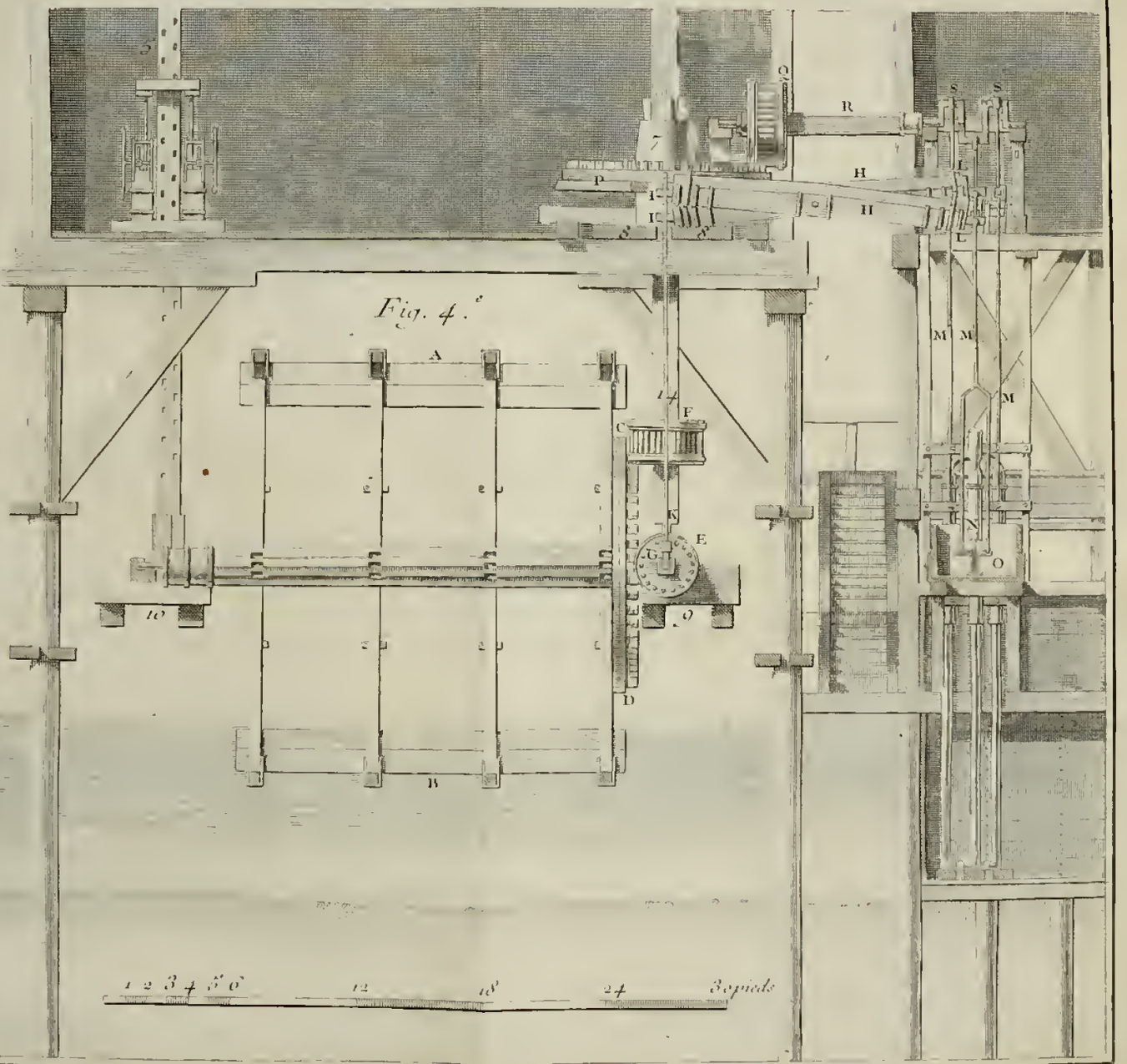


Fig. 4.e

Profils particuliers des Pompes d'un des Equipages de la Machine appliquée au pont Nôtre Dame.

Figure 5.e

Fig. 6.e

Elevation des Pompes refoulantes du même Equipage

Fig. 7.e

Fig. 8.e

Dessein pour regler les proportions des Pompes de la Nouvelle invention

Representation d'une Manivelle à tiers-point

Fig. 9.e

Dessein d'un des deux nouveaux Equipages de relais

Echelle des Figures 5.e 6.e 7.me

Echelle de la Figure 9.e

Elevation d'un Equipage des nouvelles Pompes refoulantes, pour rectifier la Machine Hydraulique, appliquée au pont Nôtre Dame.

Fig. 1.re

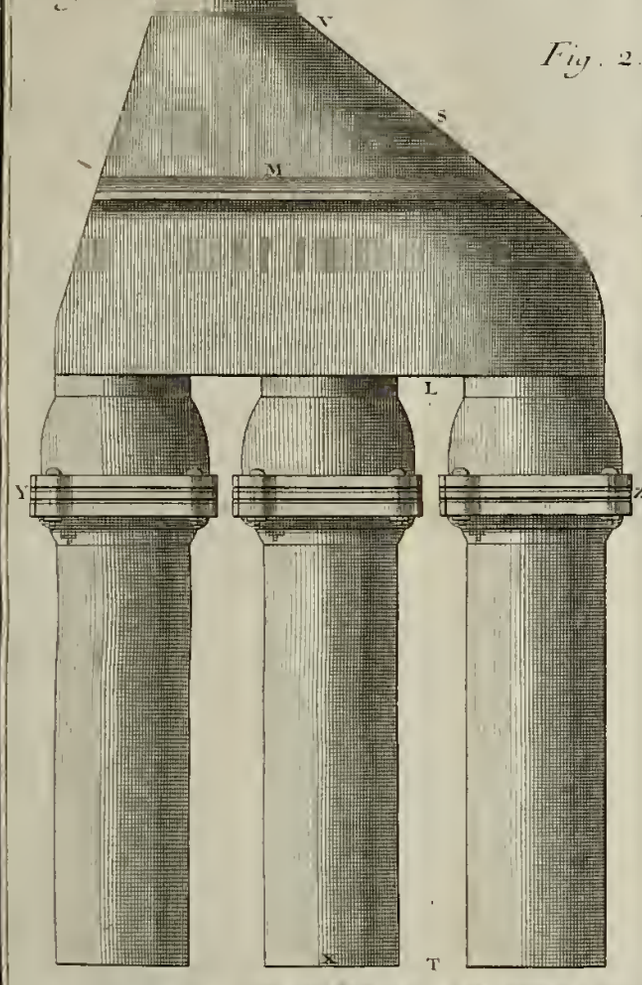
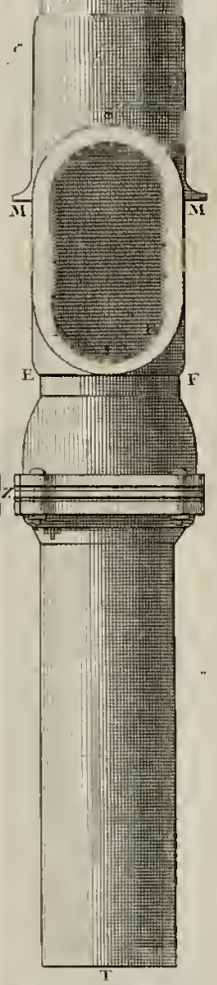


Fig. 2.e



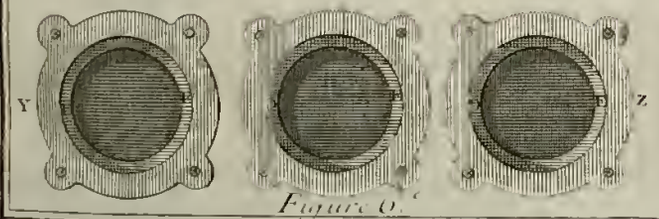


Figure 6.e

Profils qui representent l'interieur des mêmes Pompes, avec la disposition de leur Soupape.

Fig. 3.

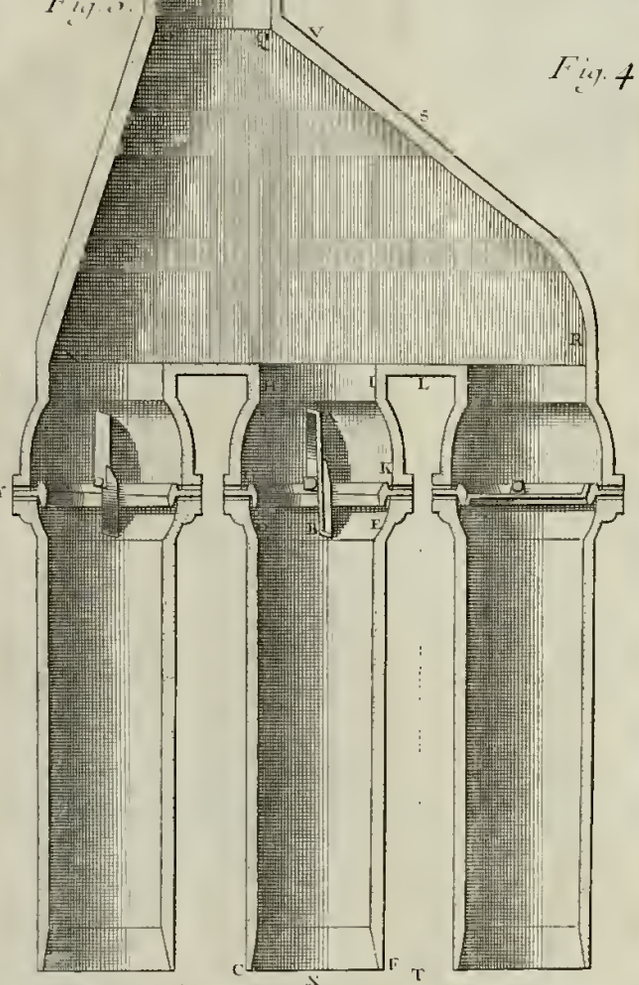


Fig. 4.e

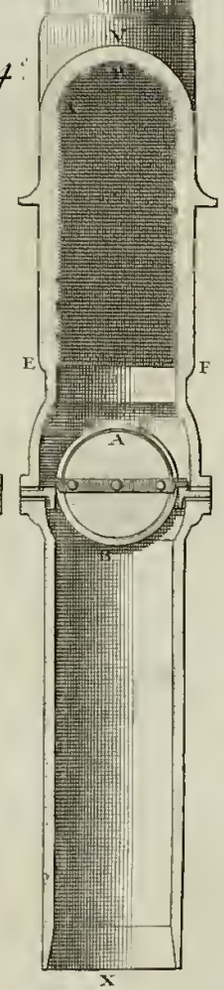
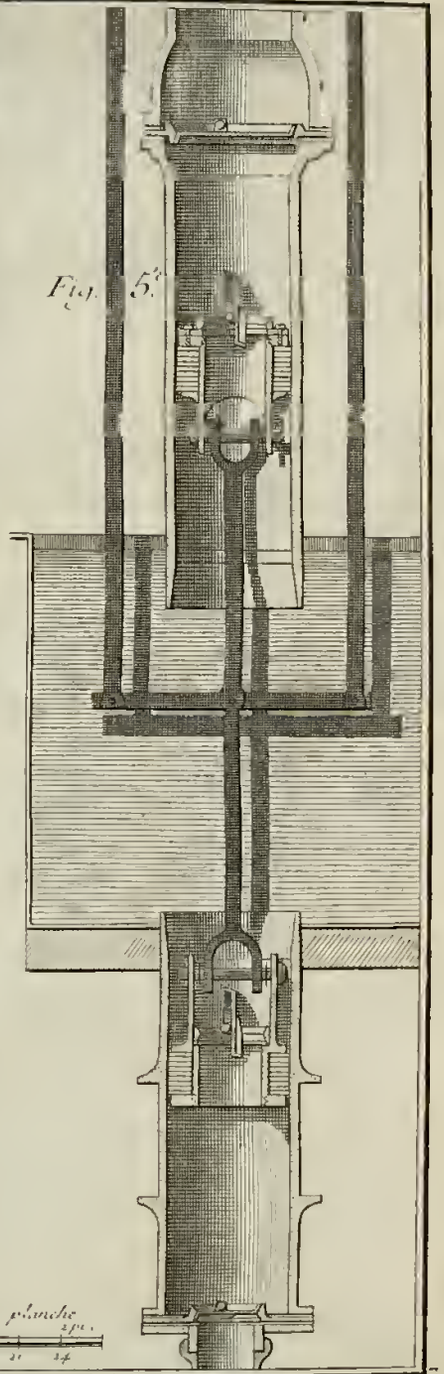


Fig. 5.e



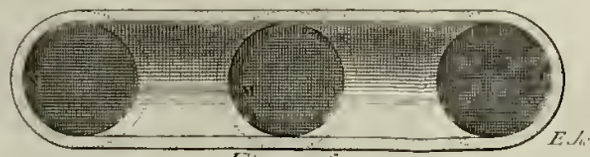
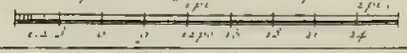


Fig. 7.e

Echelle pour les Figures de cette planche.



Dévelopemens d'une nouvelle Soupape

Fig. 8.

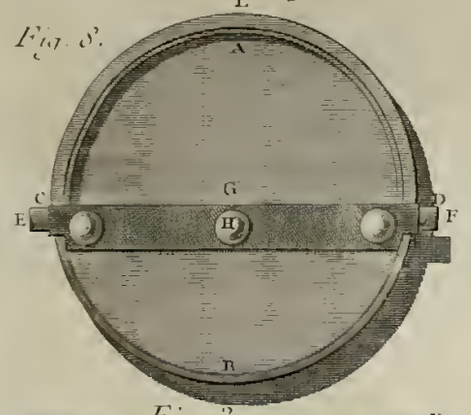


Fig. 13.

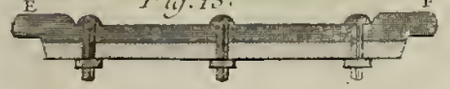


Fig. 9

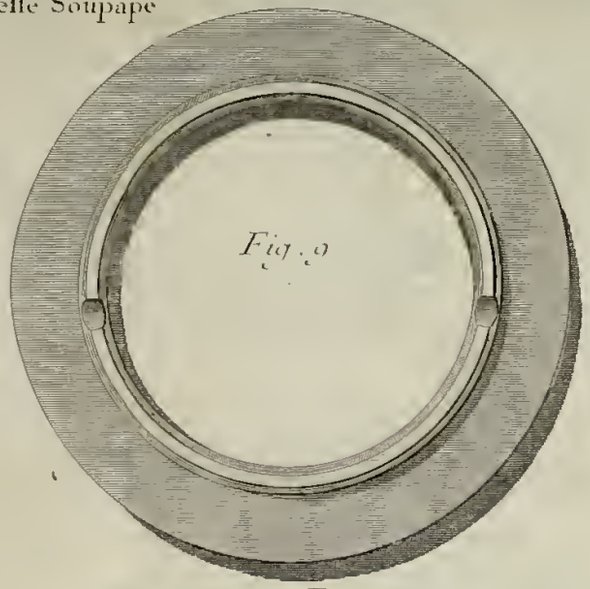


Fig. 15.

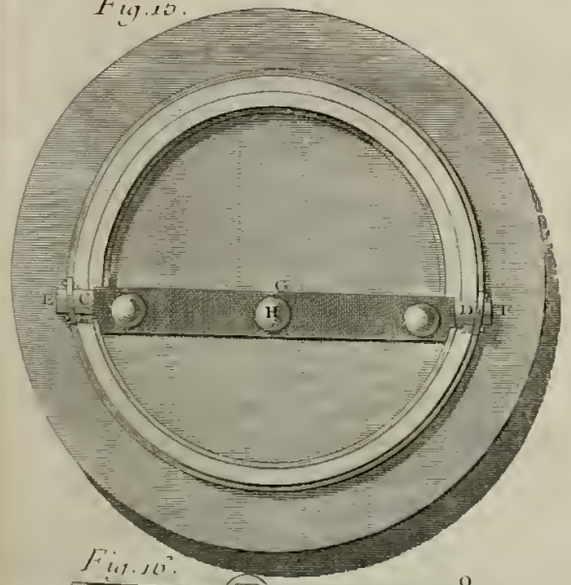


Fig. 14.

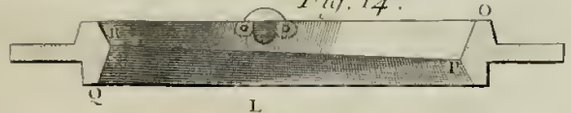


Fig. 16.

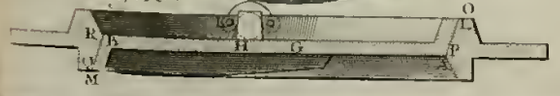
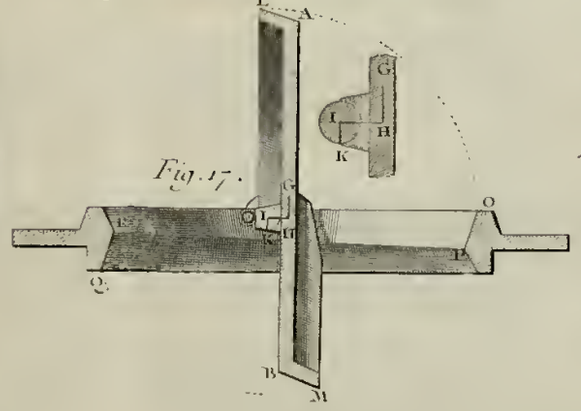


Fig. 17.



Echelle pour les parties de la Soupape

1 2 3 4 5 6 7 8

Diamètre du corps de Pompes

Dévelopemens d'un nouveau Piston.

Fig. 10.

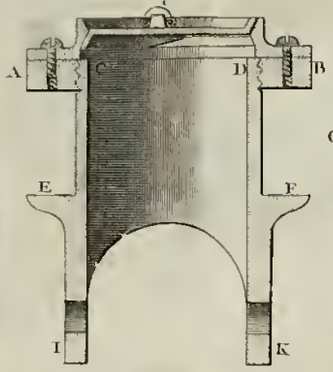


Fig. 11.

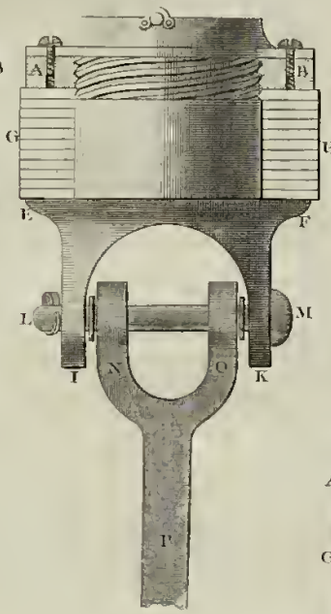


Fig. 12.

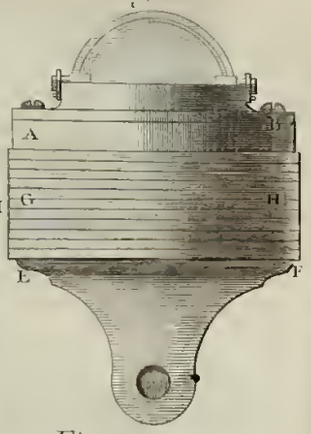


Fig. 18.

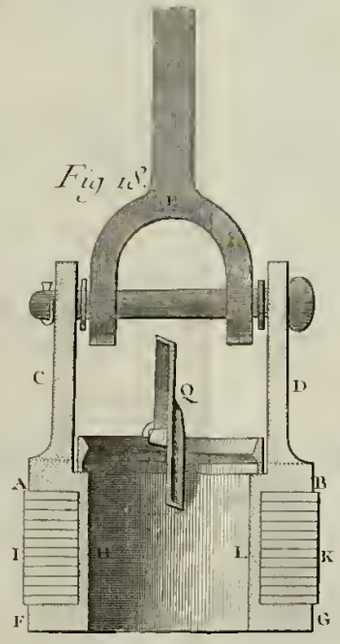


Fig. 19.

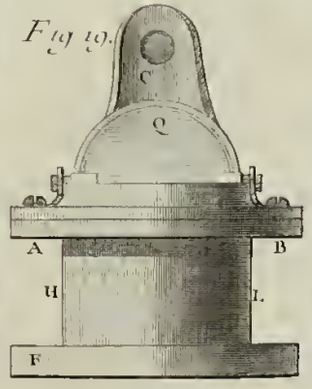


Fig. 20.

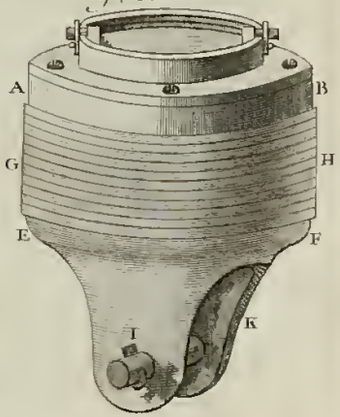
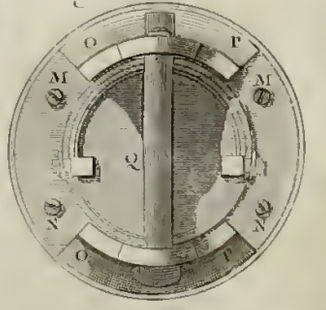


Fig. 21.



Echelle pour les parties des Pistons

1 2 3 4 5 6 7 8

Diamètre du corps de Pompes

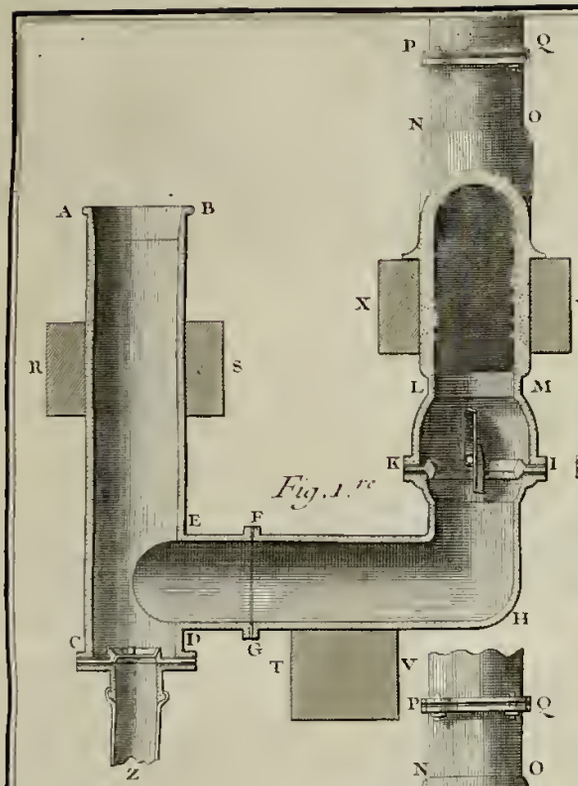


Fig. 1.re

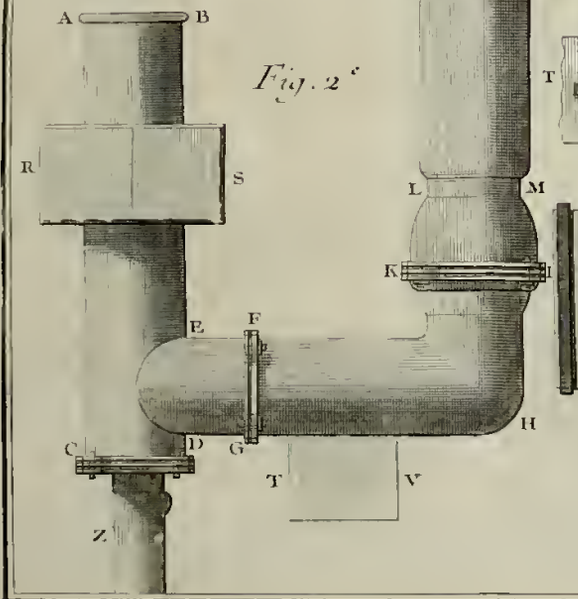


Fig. 2.e

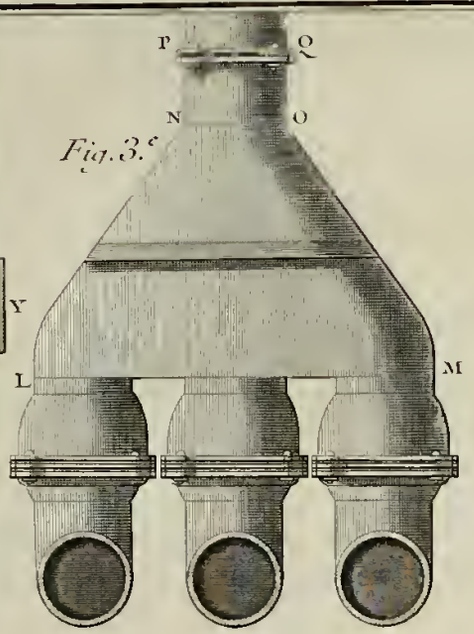


Fig. 3.e

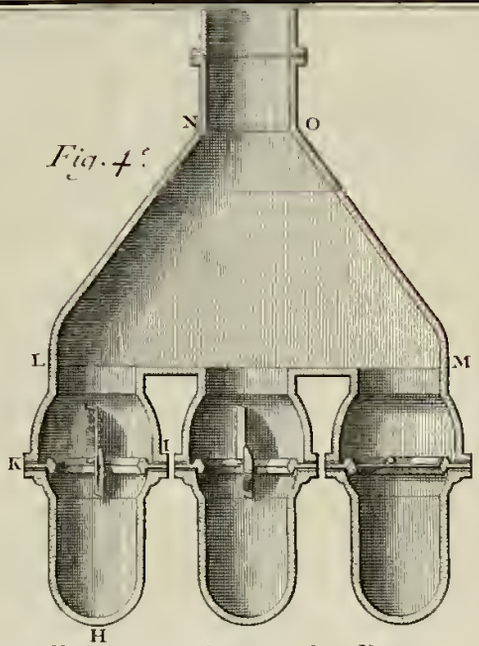


Fig. 4.e

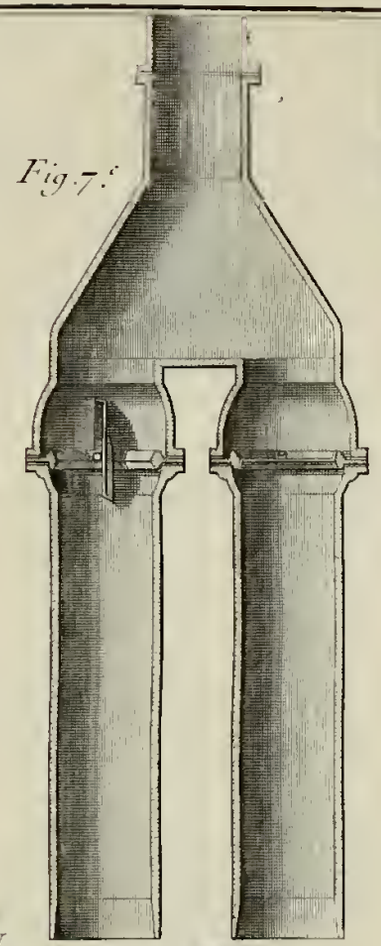


Fig. 7.e

Développement des Pompes de la nouvelle invention, lorsque les Pistons refoulent de haut en bas

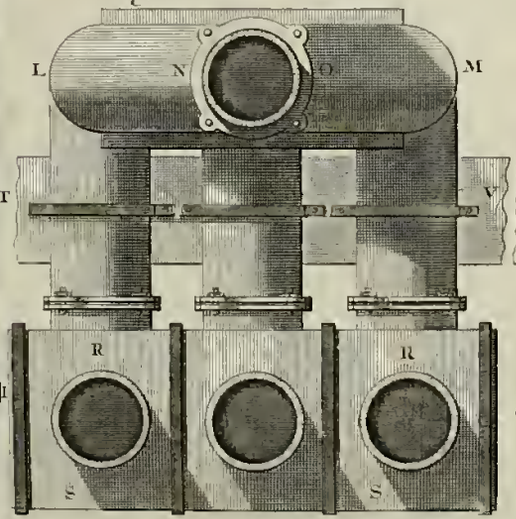


Fig. 5.e

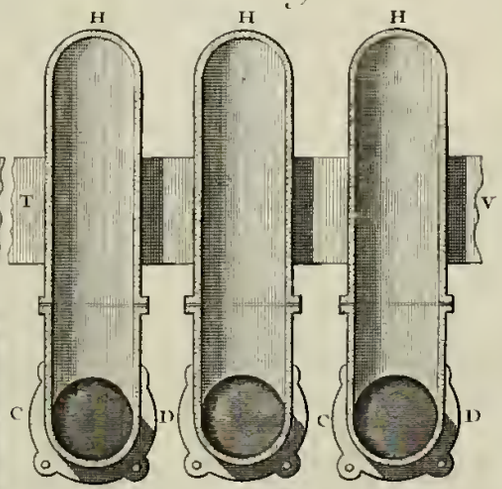


Fig. 6.e

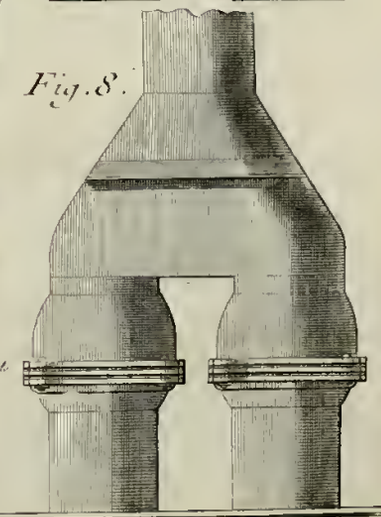


Fig. 8.

Echelle pour toutes les Figures de cette Planche

Ce devis a été exécuté à la lettre de la part de ceux qui ſont en poſſeſſion de travailler pour la Ville ; j'ajouterai ſeulement que les ſoupapes à baſcules, d'un diametre extraordinaire, comme de 9 ou 10 pouces, ne réuſſiſſant pas auſſi-bien que quand ce diametre n'a que 3, 4, 5 ou 6 pouces, nous n'avons point héſité d'y ſubſtituer des clapets à-peu-près ſemblables à celui qui eſt exprimé dans la cinquieme figure de la quatrieme planche du troiſieme Livre. L'expérience nous a auſſi montré, dans le cours de ce travail, que les piſtons de bois feroient le même effet que ceux de cuivre, lorſqu'on prendroit de juſtes meſures pour que les corps de pompes ne fuſſent point rayés par la tête des clous qui attachent les cuirs, & pour que le paſſage de l'eau à travers le piſton fût le plus aiſé qu'il eſt poſſible. D'ailleurs quand les ouvriers ſont dans l'uſage de certaines pratiques, on ne peut guere ſe promettre qu'ils en adoptent d'autres, quoique meilleures, ſur-tout quand elles intéreſſent l'entretien d'une machine : c'eſt pourquoi le parti le plus ſage eſt toujours de concilier l'avantage de l'objet, avec ce qui demande le moins de ſujétion de la part des ouvriers, pour moderer autant qu'il ſe peut la répugnance qu'ils ont à changer de méthode. Au reſte, peu importe de quelle maniere on faſſe les piſtons & les ſoupapes, pourvu qu'ils rempliſſent bien leurs objets, & que l'eau qui refoule les piſtons ne rencontre point d'obſtacles ſenſibles qui abſorbent une partie de la puiſſance motrice.

Ayant eu égard à ces conſidérations, nous avons eu la ſatisfaction de voir, moyennant une modique dépenſe, que l'équipage répondant à la roue qui regarde le Quai Pelletier que nous avons rectifié, produit cent pouces d'eau, & continue de les donner, ainſi que nous l'avions promis au Bureau de la Ville, au lieu de 50 qu'il élevoit auparavant, par le ſeul changement des corps de pompe, des récipiens qui les couronnent, & des tuyaux montans. Ces changemens ont paru ſi naturels à ceux qui en ont bien entendu la méchanique, que ces pompes ainſi rectifiées ſont aujourd'hui imitées à Paris & dans les Provinces; parce que l'on a enfin ſenti l'avantage qu'il y avoit de faire le paſſage de l'eau, depuis l'endroit des piſtons juſqu'aux cuvettes ou réſervoirs, d'un diametre au moins égal à celui des corps des pompes.

Fin du troiſieme Livre.

Regnaud inv. et Sculp.

ARCHITECTURE HYDRAULIQUE,

Ou l'Art de conduire, d'élever & de ménager les Eaux pour les différens beſoins de la vie.

LIVRE QUATRIEME,

Qui comprend la deſcription de pluſieurs nouvelles machines pour élever l'Eau ; la maniere de la conduire & de la diſtribuer aux Fontaines publiques, de la faire jaillir dans les Jardins de plaiſance, & de la conſerver dans les Réſervoirs & les Baſſins.

CHAPITRE PREMIER.

Où l'on donne pluſieurs moyens pour élever auſſi haut que l'on voudra l'Eau d'une chûte, au-deſſus de ſon niveau.

1149. DEPUIS qu'on a eu recours aux eaux de la riviere de Seine, pour augmenter dans Paris le nombre des fontaines publiques, Meſſieurs les Prevôt des Marchands & Echevins, ont toujours déſiré d'en faire monter ſur la place de l'Eſtrapade, où il n'y en a pas, non plus que dans les environs. Mais comme ce quartier eſt le plus élevé de Paris, ſon rez-de-chauſſée ſe trouvant ſuperieur au lit

Diſcours préliminaire, ſervant de ſuite au projet développé dans le chapitre précedent.

de la riviere d'environ 105 pieds, & en étant éloigné de 680 toiſes ; ce projet n'a pas encore été entamé, à cauſe des difficultés que préſentoit l'exécution, & de la dépenſe extraordinaire qu'on eſtimoit qu'il falloit pour le remplir.

Prévenu que les cuvettes de la machine appliquée au pont Notre-Dame ſont élevées de 81 pieds (1128) au-deſſus du lit de la riviere, on ſaura que le rez-de-chauſſée de l'Eſtrapade eſt d'environ 24 pieds plus élevé que le fond des mêmes cuvettes ; par conſéquent qu'il ſe trouve ſuperieur de 105 pieds au lit de la riviere. Mais comme il faut que l'eau qu'on y veut conduire ſe décharge dans une cuvette qui ſoit au moins de 15 pieds ſuperieure au même rez-de-chauſſée, afin de pouvoir ménager un réſervoir, & que cette eau, qui doit faire plus de 687 toiſes de chemin, doit avoir en outre environ 16 pieds de *charge*, pour être chaſſée avec une vîteſſe convenable, on voit qu'il faut d'abord l'élever à 136 pieds au-deſſus du lit de la riviere.

Les anciennes pompes de la machine appliquée au pont Notre-Dame, n'élevant qu'avec beaucoup de peine l'eau à 81 pieds, on n'avoit garde d'entreprendre de la faire monter à 55 pieds plus haut, pour la conduire à l'Eſtrapade. D'ailleurs, comme le bâtiment au ſommet duquel ſe trouvent ces cuvettes, eſt porté ſur des pilots, & qu'il eſt formé d'une carcaſſe de charpente, qui n'eſt point aſſez ſolide pour pouvoir être autant exhauſſée qu'il le faudroit, on n'a pu prendre le parti qui ſemble le plus naturel pour élever l'eau à l'Eſtrapade ; voilà les principales cauſes qui ont fait penſer Meſſieurs de la Ville à la conſtruction d'une nouvelle machine.

Depuis dix ans, ces obſtacles n'ont fait qu'irriter l'émulation d'un grand nombre de Machiniſtes, qui ſe ſont rendus à Paris de toutes les Provinces du Royaume, & même des Pays Etrangers, ſachant que M. *Turgot* avoit ce deſſein plus à cœur qu'aucun de ſes prédeceſſeurs ; mais ce grand Magiſtrat, peu ſatisfait des productions des uns, & effrayé des conditions que les autres exigeoient, a toujours differé de ſe déterminer ſur un projet de cette importance.

Dans le mois d'Août de l'année 1737, deux Etrangers aſſociés ont propoſé à Meſſieurs de la Ville, de conſtruire une machine mûe par l'action du feu, pour élever une certaine quantité d'eau ſur la place de l'Eſtrapade, moyennant ces conditions ; qu'on leur donneroit neuf cens mille livres pour la conſtruction de la machine, deux cens mille d'honoraire, & qu'ils en auroient la direction, avec cinquante mille francs pour ſon entretien annuel ;

ainſi il s'agiſſoit d'un fond de deux millions cent mille livres.

Nouvelle machine imaginée par l'Auteur en cherchant la maniere de faire monter l'eau a l'Eſtrapade.

Ce fut après ces belles propoſitions dont j'ai été témoin, que je démontrai à Meſſieurs de la Ville, que moyennant dix-ſept ou dix-huit mille livres, on pouvoit rendre la machine du pont Notre-Dame capable de fournir 100 pouces d'eau de plus qu'elle n'en produit ordinairement, & que je ne déſeſperois pas, avec une dépenſe modique, de faire paſſer une partie de cette eau à l'Eſtrapade, ce qui aura peut-être ſon exécution quelque jour; mais il faudroit d'abord renouveller les tuyaux de conduite qui partent de la pompe, pour ſe rendre aux premieres fontaines de chaque quartier; afin de leur en ſubſtituer d'autres d'un diametre plus fort, parce que ceux qui ſont en place ne peuvent actuellement recevoir toute l'eau que les pompes élevent. Or comme le projet dont je parle demanderoit encore la rectification des pompes de la ſeconde roue avec des modifications relatives à mes vues, il me ſuffit préſentement d'en faire mention, & je m'expliquerai, à ne laiſſer aucun doute, lorſque le zele de Meſſieurs de Ville pour le bien public répondra au mien. Ayant travaillé ſérieuſement à y parvenir, j'ai trouvé différens moyens, parmi leſquels il y en a un des plus ſimples; cependant mes réflexions ſur ce ſujet m'ayant fait naître l'idée d'une machine pour élever auſſi haut que l'on voudra, l'eau d'une chûte au-deſſus de ſon niveau, j'ai cru ne devoir point héſiter d'en faire part au public, cette invention pouvant devenir fort utile dans un grand nombre d'occaſions.

Cette machine peut paſſer pour une des plus nouvelles & des plus ſingulieres; ce n'eſt pas qu'on n'ait penſé avant moi à ſe ſervir d'une chûte, pour faire qu'une partie de l'eau éleve l'autre au-deſſus de ſon niveau, comme nous ferons voir que l'ont exécuté à Paris M. *Francini*, dans le Jardin de l'ancienne Bibliotheque du Roi, par le moyen d'un certain chapelet; M. *Eucket*, en Angleterre, avec deux ſceaux, qui en montant & en deſcendant, deviennent alternativement plus peſants l'un que l'autre; & en dernier lieu, Meſſieurs *de la Deuille* & *Deniſard* * d'une maniere fort ingénieuſe, qui leur a fait beaucoup d'honneur parmi les habiles Gens, mais qui n'a rien de commun avec celle que je vais développer, laquelle méritera peut-être l'attention des curieux, à cauſe de ſa ſimplicité, & de la juſteſſe qui regne dans toutes ſes parties, dont les dimenſions ſont déterminées ſelon les regles les plus exactes.

* *M.* Deniſard *eſt le même Eccléſiaſtique que nous avons nommé* Goſſet *dans les articles* 673, 960.

1150. Je crois qu'il convient de faire remarquer en paſſant, qu'une chûte d'eau occaſionnée par des écluſes, digues, batardeaux, tuyaux deſcendans, &c. ne renferme rien qui ne ſoit com-

Remarque ſur l'action d'une chûte

d'eau appliquée à une machine.

mun à l'action de tous les courans, puiſqu'un courant naturel peut lui-même être ſuppoſé provenir d'une chûte, dont on détermine la hauteur en connoiſſant ſa vîteſſe propre, comme nous l'avons inſinué dans l'article 601. En effet, pourvu que l'eau qui doit faire agir une machine, ait une certaine vîteſſe, pour être capable d'en imprimer par ſon impulſion, il eſt fort indifférent de quelle part elle l'a acquiſe. Ainſi il eſt eſſentiel de faire attention que lorſqu'on ſe ſert d'un tuyau deſcendant, ce n'eſt point par la hauteur de la chûte qu'il forme, qu'on doit juger de celle ou l'eau peut être élevée à l'aide d'une machine, mais bien par la vîteſſe *reſpective* de l'eau de la chûte, comme nous l'avons inſinué dans les articles 899, 900, & comme on en jugera encore par l'exemple rapporté dans l'article 1169. D'habiles gens, faute d'avoir fait cette obſervation, ſe ſont mépris en voulant calculer les machines dans le goût de celles qui vont faire l'objet de ce chapitre, ayant compté ſur la pouſſée abſolue de l'eau de la chûte, au lieu qu'ils n'auroient dû avoir égard qu'à une pouſſée relative.

Quand on a une ſource à mi-côte, ou vers le pied d'une montagne, on peut, moyennant cette machine, faire monter au ſommet une partie des eaux de la ſource.

1151. Pour expoſer les deux principaux cas où l'on peut employer la machine que je viens d'annoncer, je ſuppoſe, comme cela ſe rencontre aſſez fréquemment, que l'on a une maiſon de campagne ſituée ſur une éminence, à portée de laquelle eſt une ſource beaucoup plus baſſe, mais cependant ſuperieure de dix ou douze pieds au niveau du terrein par lequel elle ſe décharge; alors on pourra avec notre machine, ſans le ſecours d'aucun moteur étranger, faire monter continuellement une partie des eaux de cette ſource pour les beſoins de la maiſon, & ſi elle eſt aſſez abondante, employer le ſuperflu à la décoration du Jardin.

La même machine peut auſſi ſervir dans une Ville, à faire monter l'eau aux quartiers, dont le rez-de-chauſſée ſeroit plus élevé que la ſource qui fournit aux fontaines publiques.

1152. Je ſuppoſe en ſecond lieu que l'on a conduit dans une Ville les eaux d'une ou pluſieurs ſources des environs, qui viennent ſe raſſembler dans un château d'eau; ou que provenant d'une riviere, une machine les a forcé à ſe rendre dans le même endroit, d'où elles ne peuvent être diſtribuées qu'à un certain nombre de fontaines placées dans différens quartiers, & qu'il s'en rencontre un beaucoup plus élevé que la ſource principale, où l'on voudroit auſſi en faire monter. Alors ſi l'eau de la premiere cuvette ſe trouve élevée de onze ou douze pieds de plus qu'il ne faut pour être conduite naturellement dans celles des fontaines que cette premiere doit entretenir, on pourra, avec le ſecours de la même machine, faire que l'eau deſtinée à ces fontaines n'aille s'y rendre qu'après en avoir fait monter au quartier le plus élevé; par ce moyen toute l'eau ſera employée utilement, ſans qu'il y en ait de perdue.

1153. Si le quartier le plus éminent ſe trouvoit fort éloigné du château d'eau, & qu'il y eût dans le voiſinage une fontaine dont la cuvette fût aſſez élevée pour ménager une chûte de 10 ou 11 pieds; on pourra encore, pour éviter de multiplier les tuyaux, conduire à cette fontaine beaucoup plus d'eau qu'elle n'en doit dépenſer, pour qu'une partie ayant fait monter l'autre au quartier où il en manque, ce qui reſte après avoir fait jouer la machine, ſerve à entretenir cette fontaine, & même pluſieurs autres placées dans des quartiers plus bas.

On peut ſe ſervir des eaux d'une fontaine particuliere pour en faire monter dans un quartier ſuperieur à cette fontaine.

1154. Ce que je viens d'inſinuer deviendra plus ſenſible en concevant, 1°. que le tuyau qui part de la premiere cuvette, après avoir été conduit ſous le pavé, vient ſe rendre dans la cage de la fontaine la plus voiſine du quartier éminent, où il eſt relevé verticalement, comme le repréſente ſa partie ſuperieure AB, pour ſe décharger dans la cuvette C, au fond de laquelle eſt un tuyau de chûte CD, de 10 ou 11 pieds de hauteur, toujours rempli d'eau, malgré la dépenſe qui s'en fait au pied. 2°. Que l'eau à la ſortie du tuyau de chûte CD, ſe diſtribue en deux parties inégales, dont la moindre paſſe par le tuyau de communication GH pour être refoulée dans le tuyau montant GL, qui ſe décharge dans la cuvette M, ſuperieure au quartier éminent. 3°. Que cette eau deſcend enſuite par le tuyau MN pour être conduite dans l'autre NQ, qui regnant ſous le pavé, la fait remonter à la fontaine de ce quartier.

Idée générale de cette machine appliquée au cas précédent.

PLAN. I. FIG. 3.

1155. Pour bien juger de l'action de l'autre partie de l'eau, il faut être prévenu que l'eſpace FE comprend la machine dont il s'agit, compoſée de deux corps de pompe FP & OD, ſitués horiſontalement, ayant un double piſton; que le premier corps de pompe FP, d'un diametre plus petit que l'autre, fait monter l'eau de la communication GH dans le tuyau FL; que le ſecond reçoit par intervalle l'autre partie de l'eau qui fait monter la premiere en pouſſant le piſton en avant, & qu'enſuite par le jeu d'un robinet elle ſe décharge dans la cuvette I, qui repréſente celle de diſtribution de la fontaine où eſt logée la machine.

L'eau des cuvettes du pont Notre-Dame étant conduite à la fontaine S. Benoît, une partie peut delà être relevée ſur l'Eſtrapade par l'action de la même machine.

Ceux qui m'auront bien entendu, & qui connoîtront par de bons nivellemens, tels que ceux qu'on a faits, la ſituation de la place de l'Eſtrapade par rapport à la fontaine S. Benoît, & au rez-de-chauſſée du Fauxbourg S. Germain, conviendront que cette maniere de faire manœuvrer l'eau, peut-être miſe en uſage à Paris avec beaucoup de ſuccès; cependant, comme je l'ai déja dit, il y a un autre moyen plus ſimple encore de faire monter tout d'une traite l'eau de la riviere à l'Eſtrapade, ſans être obligé de conſtruire une nouvelle machine.

Deſcription & Analyſe d'une nouvelle machine pour élever l'eau d'une chûte au-deſſus de ſa ſource.

Explication des principales parties de cette machine.

PLAN. 1. FIG. 4, 5 & 6.

1156. Un peu d'intelligence du deſſein fera juger aiſément de la machine que je vais décrire, par ſes développemens, dont la relation eſt marquée avec des lettres ſemblables. On y verra que les tuyaux ABCD, EFGH repréſentent le petit & le gros corps de pompe dont j'ai parlé dans l'article 1155, & qu'ils ſont liés enſemble par une *créche* ou tuyau de jonction IKEG, échancré ſur l'étendue LMNO, pour faciliter le mouvement d'un *eſſieu* PQ, qui enfile les tiges des piſtons R & S, dont le jeu horiſontal eſt limité par les *termes* ML, NO, contre leſquels vient s'appuyer l'eſſieu.

La lettre T accompagne le tuyau de chûte, déſigné par CD dans la troiſieme figure (1154) ayant deux *rameaux* retournés à angle droit, dont le premier TY répond au tuyau de *communication* YV, qui conduit l'eau dans le petit corps de pompe, & le ſecond TZ eſt uni à un *robinet* qui l'introduit dans le gros.

Idée générale d'un nouveau robinet, d'où dépend le jeu de cette machine.

1157. Le logement de ce robinet, que je nomme *tribranche*, eſt compoſé d'un *barillet abc* (fig. 1.) ayant trois branches évaſées *dfe igk*, *lhm*. La premiere eſt unie au corps de pompe; la ſeconde, que je nomme branche d'*impulſion*, ſert à introduire l'eau qui doit donner *la chaſſe* au piſton; la troiſieme ſert à faciliter la fuite de la même eau, pour la conduire dans la cuvette de décharge.

Le barillet comprend un *robinet* percé à retour d'équerre *gof*, (fig. 6.) dont le mouvement agit en deux tems ſéparés, dans chacun deſquels il fait un *quart de révolution* alternativement à droite & à gauche, c'eſt-à-dire, que l'orifice *g* prend la place de l'orifice *f*; alors ce dernier venant répondre à l'orifice *h* de la branche *de fuite*, (fig. 1.) l'eau qui étoit entrée dans le gros corps de pompe a la liberté d'en ſortir, ſans pouvoir être remplacée tant que le robinet reſte dans cette ſituation, l'orifice d'impulſion étant fermé par la maſſe P du robinet.

FIG. 1 & 6.

Developpement des parties du même robinet.

1158. La premiere figure de la planche ſeconde, repréſente le plan du tribranche, détaché des pieces qui doivent y être contenues; la ſeconde eſt un profil coupé ſur la longueur des branches de fuite & d'impulſion, dont la relation des parties ſe trouve marquée par les mêmes lettres, qu'il convient de ſuivre avec un peu d'attention; la troiſieme eſt un ſecond profil coupé ſur l'alignement de la branche du piſton, & la quatrieme repréſente l'élevation du tribranche vue par derriere: cette figure, de même que la

la seconde, montrent que pour empêcher que l'eau ne se perde par le fond du barillet, on y a adapté un culot attaché par des vis. PLAN. 2.

Comme il eût été très-difficile d'aleser assez proprement le barillet pour y placer le robinet, de maniere qu'il ferme exactement les orifices de fuite & d'impulsion, nous avons cru que pour plus de facilité, il convenoit de le loger dans un boisseau particulier, ayant la forme d'un gobelet, pour l'emboîter dans le barillet; c'est le plan de ce boisseau que représente la cinquieme figure, où l'on voit que sa surface doit être percée aux endroits C, F, B, suivant le contour des orifices du barillet. La figure septieme en est le profil, coupé sur l'alignement FL de son plan, où l'on remarquera que le fond NP est un peu convexe, pour que la base du robinet ne le touche point, devant tourner sur un pivot, dont la crapaudine est représentée à l'endroit O. On remarquera encore que pour empêcher le boisseau de vaciller, son bord est accompagné de deux oreilles *a*, *b*, (*fig. 7 & 8*), qui doivent être encastrées dans des entailles C, D, (*fig. 2, 3, 4*), pratiquées dans le rebord supérieur du barillet; quant à la forme extérieure du boisseau, on en jugera par la huitieme figure.

A l'égard du robinet, son plan est représenté par la sixieme figure, son profil par la neuvieme figure, & son élévation par la dixieme, où l'on distingue son pivot S, & son axe T, qui joue dans l'œil d'un chapiteau VXY, (*fig. 11, 12, 13*), servant de couvercle au barillet, distinctement exprimé, aussi-bien que le fond, dans la figure onzieme, qui représente une élévation extérieure du tribranche vue en face de l'orifice de fuite.

N'y ayant point de frottement sensible où il n'y a point de pression, il est aisé de concevoir que, quoique le robinet soit de même calibre que son boisseau, sa surface ne causera qu'une foible résistance, puisqu'il doit tourner sur un pivot, & qu'il n'appuye qu'à l'endroit de son axe L contre le bord de l'œil du chapiteau, où il soutient la poussée de l'eau de la chûte.

Explication de ce qui appartient au petit corps de pompe.

1159. Pour expliquer ce qui appartient au petit corps de pompe, (*pl. 1, fig. 4*), on saura qu'il est lié au rameau *qr* d'un tuyau vertical Z, évasé par ses deux extrémités S, *t*, (*fig. 4 & 5*) pour faciliter le jeu des soupapes *à bascule* qui s'y trouvent placées (1133); que ce tuyau répond par le haut au tuyau montant *u*, désigné dans la troisieme figure par les lettres FL, & qu'il est accordé par en bas au coude X, qui l'unit avec la communication VY. PLAN. 1. FIG. 4.

Développement des pis-

1160. On aura une juste idée des pistons de cette machine, en considérant que la *tige* AB du petit, & l'autre CD du gros, sont

tons de cette machine. deux *canons* de fonte entés l'un dans l'autre, entretenus par l'eſſieu I (1156), de ſorte qu'en ôtant cet eſſieu, l'on peut, en faiſant couler le petit canon dans le gros, racourcir l'intervalle AD, ſoit pour introduire les piſtons dans leur corps de pompe, ou pour les en retirer.

PLAN. 2. FIG. 15.

A l'extrémité de chacune de ces tiges eſt un petit cylindre E, dont le bout eſt fait en *vis*, pour retenir, à l'aide d'un *écrou*, le piſton, auquel ce petit cylindre ſert de *noyau*, obſervant que ce noyau, que l'on ſuppoſe creux, doit être fondu avec ſa tige, comme on en jugera par le bout de profil F, qui en fait voir l'intérieur.

FIG 14 & 16.

Le corps de chaque piſton eſt compoſé d'une virole A (*fig.* 17 & 22), fondue avec une eſpece de collet D; cette virole, dont l'extrémité eſt tournée en vis, doit enfiler pluſieurs rondelles de cuir ſoutenues par un anneau B, qui les ſerre étroitement par le moyen d'un écrou C & de la vis qui eſt au bout de la virole (957). Les figures 18 & 23 repréſentent la réunion des pieces des piſtons, dont chacun doit être enfilé par le noyau E, & arrêté avec l'écrou de la vis qui eſt au bout, comme on le voit diſtinctement exprimé par les figures 19 & 24, qui marquent le profil de ces piſtons & celui d'un bout de leurs tiges. Conſiderant auſſi la figure 25, on y reconnoîtra ces tiges dans toute leur longueur, vue en partie dehors & dedans.

Le frottement de ces piſtons eſt ſoulagé par des roulettes qui en facilitent le mouvement.

1161, Pour empêcher que la peſanteur des piſtons ne contribue à faire uſer les rondelles de cuir plus promptement vers le bas qu'ailleurs, nous avons cru que, pour en ſoulager le frottement, il convenoit de ſoutenir les tiges par deux roulettes; celle qui répond au gros piſton eſt repréſentée en profil & en face par la figure 21, qui montre que la tige eſt embraſſée d'une écharpe de fer ABCDE, l'un & l'autre liés enſemble par une broche quarrée GH, & que cette écharpe eſt traverſée par le boulon qui ſert d'eſſieu à la roulette F.

PLAN. 2. FIG. 18 & 19.

A l'égard de l'autre roulette G, la figure 20 fait voir qu'il a fallu la loger en partie dans le canon ABC, qui ſert de tige au petit piſton; c'eſt pourquoi on l'a échancrée en deſſous, & l'on a diſpoſé le métal de façon à pouvoir ſervir de palier au boulon DE; au reſte on ſuppoſe que ces piſtons ſont frottés avec une graiſſe compoſée de vieux oing & d'huile d'olive, pour en adoucir le frottement.

Explication du jeu de cette machine.

1162. On entendra le jeu de cette machine en conſiderant (*pl. 1, fig. 3*), 1°. que l'eau du tuyau de chûte CD ayant la liberté de couler dans la communication HG, montera d'elle-même dans le tuyau GL juſqu'au point K, où elle ſe mettra de niveau avec celle de la cuvette C, parce que les ſoupapes *t* & S (*fig. 3*) étant pouſſées

PLAN. 1. FIG. 3.

par le deſſous, la force de l'eau les ouvrira pour ſe faire un paſſage. PLAN. 1.
2°. Qu'elle ne peut monter ſans entrer auparavant dans le petit corps de pompe, & ſans pouſſer le piſton R vers BD, par conſéquent l'autre S vers le robinet, qui eſt ſuppoſé dans la ſituation repréſentée par la premiere figure, afin que l'orifice d'impulſion *g* étant fermé, & celui de fuite *h* étant ouvert, l'air ou l'eau qui ſeroit dans le gros corps de pompe puiſſe s'évacuer. 3°. Que quand le piſton S ſera parvenu à l'entrée FH de ſon corps de pompe, le robinet faiſant ſubitement un quart de révolution, pour ouvrir l'orifice d'impulſion *g* & fermer celui de fuite *h*, l'eau de la chûte pouſſera ce piſton en avant. Car ſi l'on ſuppoſe ſon cercle ſextuple de celui du petit, il y aura ſix colonnes d'eau égales à KF (*fig. 3*), qui agiront enſemble contre cette derniere, qui ſera chaſſée vers N par l'eau que comprend le petit corps de pompe, après qu'elle aura fermé la ſoupape *t* (*fig. 5*) & ouvert l'autre S. 4°. Comme dans le moment que l'eſſieu PQ (*fig. 6*) ſera parvenu contre le terme ML, le robinet doit faire un quart de révolution d'un ſens oppoſé au précédent, pour fermer l'orifice d'impulſion & ouvrir celui de fuite; l'eau que renfermera le gros corps de pompe ayant la liberté de s'écouler, ceſſera d'agir contre le piſton S, & dans cet inſtant celle qui ſera montée n'étant plus pouſſée de bas en haut, fermera la ſoupape S. Alors l'eau de la communication YV, chaſſée par celle de la chûte pour remonter au même niveau, ouvrira comme en premier lieu la ſoupape *t*, pouſſera encore le piſton R vers BD, tandis que l'autre S précipitera la fuite de l'eau qui lui avoit donné la chaſſe, juſqu'au moment où l'eſſieu PQ étant arrivé au terme NO, le robinet fera un nouveau quart de révolution, pour fermer l'orifice de fuite & ouvrir celui d'impulſion. Cette nouvelle manœuvre donnera lieu à la chûte de pouſſer de nouveau le gros piſton, qui refoulera encore l'eau du petit corps de pompe comme auparavant, en fermant la ſoupape *t* & ouvrant l'autre S, & contraindra la colonne que cette derniere ſoutenoit de monter vers S (*fig. 3*). Ainſi l'on voit que le jeu alternatif du robinet fera monter l'eau juſques dans la cuvette M, pourvu *que le produit du cercle du petit piſton & de la hauteur de la colonne FL, ſoit moindre que le produit du cercle du gros piſton, par la hauteur de la chûte CD*. Il reſte à faire voir de quelle maniere le robinet agit, pour que ſon mouvement ſoit tellement d'accord avec celui du piſton que l'un dépende immédiatement de l'autre.

Fig. 3 & 5.

Fig. 5 & 6.

1163. Je nomme *régulateur* l'aſſemblage de pluſieurs pieces de fer qui concourent enſemble à ouvrir & à fermer alternativement

Deſcription du régulateur qui donne le

mouvement au robinet. les orifices d'impulsion & de fuite. Pour en bien entendre le méchanisme, il faut non-seulement suivre avec attention les développemens exprimés sur la planche troisieme, mais rechercher encore sur la quatrieme les parties dont je ferai mention, qu'on trouvera rassemblées en perspective, & désignées par les mêmes lettres.

Les corps de pompes qui entrent dans la composition de la machine, ne pouvant avoir lieu sans être encastrés dans de bons madriers, on jugera au premier coup-d'œil de la disposition qui leur convient, en considerant la planche quatrieme, dont le profil est représenté par la troisieme figure de la planche troisieme.

PLAN. 3 & 4. A ces madriers sont attachés deux *poteaux* soutenans un *essieu* de fer CD (*fig.* 2, 3), relatif à quatre pieces. La principale OVHI (*fig.* 1), que je nomme *balancier*, est enfilée quarrément par l'essieu D, afin qu'elle ne puisse se mouvoir qu'avec lui. Ce balancier est composé d'une équerre de fer IKGH, dont les branches GH, KI sont nommées *griffes*, & d'une *tige* VO, ayant à son extrémité un poids O de 9 à 10 livres.

La seconde piece est un *étrier* QRST (*fig.* 2, 3) enfilé par l'essieu, de maniere à pouvoir jouer librement autour, l'essieu se trouvant arrondi à l'endroit des anneaux Q, T.

La troisieme & la quatrieme piece sont deux verges de fer EA & F*f*, enfilées quarrément par le même essieu, pour qu'elles ne puissent se mouvoir qu'avec lui; elles sont *paralleles aux griffes du balancier*, & disposées du même sens, par conséquent elles formeroient un angle droit, si elles étoient réunies dans un même plan vertical.

L'étrier est traversé par deux boulons L & M, dont le second enfile les branches YZ d'une fourche de fer, qui compose avec sa queue ZNP une piece que j'appelle *chasse*, qui joue librement autour de son boulon; l'extrémité *tu* de cette chasse (*fig.* 1, 2) faite en *bec de canne*, dirige la clef *fl* du robinet, par le moyen d'un boulon *h*. Pour que cette clef ne fatigue point, elle est soutenue par une barre *mn*, sur laquelle elle glisse sans pouvoir s'échapper, étant maintenue par une *susbande* O.

PLAN. 3. FIG. 1, 2 & 3.

De quelle maniere les pistons font jouer le régulateur. 1164. Pour entendre le jeu du régulateur, on prendra garde que l'essieu X (*fig.* 1, 2) qui traverse les tiges des pistons, est commun à deux roulettes A, B, qui poussent alternativement devant elles une des verges qui leur est opposée; que cette verge fait mouvoir l'essieu CD, par conséquent le balancier HIVO, mais non pas l'étrier, qui reste immobile jusqu'au moment où l'action du poids O le fait changer de situation.

Suppoſant que l'étrier ſoit diſpoſé comme le repréſente un de ſes côtés QR (*fig.* 1), & que l'orifice d'impulſion ſoit ouvert, pour que l'eau puiſſe chaſſer le gros piſton en avant; la roulette A pouſſant la verge EA fera monter le poids O de la gauche à la droite, & quand il ſera parvenu au point E, le poids ayant paſſé la verticale & ſe trouvant abandonné à lui-même, tombera ſubitement. Alors la griffe GH rencontrant en chemin le boulon L, forcera l'étrier de paſſer de la droite QR à la gauche *qr*, & fera cheminer la chaſſe ZNP en arriere, qui contraindra la clef du robinet à paſſer de *fl* en *xr*. Ainſi un moment après que l'eſſieu X ſera parvenu à la limite gauche, l'échappement du poids fermera l'orifice d'impulſion, & ouvrira celui de fuite.

La verge F*f* (*fig.* 2) qui aura fait le même mouvement que le balancier, puiſqu'elle eſt parallele à la griffe GH (1163) étant venu joindre la roulette B, ſera pouſſée en avant, de la maniere que l'a été la précédente, parce que l'orifice de fuite étant ouvert, le petit piſton ſera chaſſé en arriere, & le poids O relevé pour paſſer de la droite à la gauche. Lorſqu'il ſe trouvera un peu au-delà de la verticale, la griffe IK qui ſera deſcendue pour reprendre ſa premiere ſituation, rencontrant le boulon L, fera cheminer l'étrier de *qr* en QR, lequel pouſſant la chaſſe en avant, la clef *xr* du robinet repaſſera en *fl*, fermera l'orifice de fuite, & ouvrira celui d'impulſion, qui donnera lieu à l'eau de chaſſer de nouveau le gros piſton, qui fera faire au régulateur ſa premiere manœuvre.

PLAN. 3 & 4. FIG. 1 & 2.

1165. L'axe CD doit être placé au-deſſus du milieu de la crêche, de maniere que les trois points *a*, DA (*pl.* 3, *fig.* 1), forment dans un même plan un triangle équilatéral, dont la baſe *a*A ſoit égale au chemin des roulettes entre les points où elles touchent les verges EA, F*f*, lorſqu'elles ſont parvenues aux *termes* qui marquent le jeu du piſton, afin que la diſtance du centre de l'eſſieu D au centre du boulon M, ſoit égale au chemin M*m* ou *hi* (fig. 2) des boulons M, *h*.

Preuve de l'exactitude du mouvement du régulateur.

Il eſt bon de remarquer que l'arc que décrira le boulon M par ſon mouvement de M en F, & de F en *m*, ſera de 30 degrés, & que quand la tige VO du balancier ſe trouvera confondue avec la verticale EF, l'angle droit que forment les griffes ſera diviſé en deux également; d'où il ſuit que l'angle FDH ſe trouvant alors de 45 degrés, le poids ayant paſſé la verticale, décrira un arc de 15 degrés en tombant, avant que la griffe GH vienne rencontrer le boulon L, & acquerera par ſa chûte plus de force qu'il n'en faut pour chaſſer l'étrier, d'autant plus que l'impreſſion dont cette

PLAN. 3. FIG. 1.

PLAN. 3. FIG. 1. griffe ſera capable, eſt au moins triple de celle que feroit le poids, s'il rencontroit immédiatement un corps après avoir décrit un arc de 15 degrés; le bras de levier DO étant plus que triple du bras de levier DH, par lequel la griffe agit. Il en ſera de même lorſque le poids venant à tomber ſur la gauche de la verticale, la griffe *ki* chaſſera l'étrier *l* en avant. J'ajouterai que pour limiter le chemin du poids, indépendamment des roulettes, on pourra, s'il eſt néceſſaire, le ſoutenir avec une *courroie*, dont les extrémités répondant à deux *rouleaux b*, on aura la facilité de donner à cette courroie l'étendue la plus convenable; & que l'on a pratiqué un canal *d* (*fig.* 3) ſous chaque roulette dans les madriers qui ſoutiennent les corps de pompes, afin que les verges que pouſſent les roulettes puiſſent agir librement.

L'action du régulateur fera faire exactement au robinet deux quarts de révolutions oppoſés.

1166. Pour montrer que l'action du régulateur fera faire exactement en avant & en arriere un quart de révolution au robinet, il faut être prévenu que le milieu *e* de ſon axe eſt éloigné du centre du boulon *h*, d'une diſtance égale au côté du quarré dont l'intervalle MD ou $mM = ih$ ſeroit la diagonale; que par conſéquent le triangle *ieh*, formé par les deux ſituations extrêmes de la clef, eſt rectangle. Auſſi ai-je donné 10 pouces de diſtance entre le centre de l'axe D & celui du boulon M, & 7 ſeulement à l'intervalle *eh* (*fig.* 2), afin que le rapport de ces deux nombres ſe trouvât à-peu-près le même que celui du côté d'un quarré à ſa diagonale.

PLAN. 3. FIG. 1 & 2.

Comme le boulon *h* (*fig.* 2, 5) ne peut parvenir de *h* en *j*, ſans que l'intervalle *eh* ne ſe réduiſe à la perpendiculaire *ef*, qui ſe trouve à-peu-près de 2 pouces plus petite que *eh*, il faut, pour que le boulon *h* ne ſoit point gêné, qu'il joue dans une ellipſe *g* (*fig.* 4), dont le grand axe ſoit de 2 pouces.

Les dimenſions de cette machine dépendent de cinq choſes principales.

1167. Nous n'avons rien dit juſqu'ici des dimenſions qui pouvoient convenir aux corps de pompes, aux piſtons & aux robinets de cette machine, parce qu'elles ne peuvent être déterminées que relativement à cinq choſes principales. La premiere, à la hauteur de la chûte; la ſeconde, à la dépenſe de l'eau dont on peut diſpoſer; la troiſieme, à la hauteur où on veut l'élever; la quatrieme, à la vîteſſe qu'il convient de donner aux piſtons, pour que le mouvement n'en ſoit ni trop lent ni trop précipité; & la cinquieme, aux obſtacles qui ſe rencontrent dans le jeu de la machine, indépendamment de la réſiſtance de la colonne d'eau qu'elle doit ſurmonter; il s'agit donc d'opérer en conſéquence.

Quelles ſont les meſures que

1168. Pour rendre intéreſſant le calcul de cette machine, nous le ferons relativement à l'exemple rapporté dans l'article 1153, en

ſuppoſant, 1°. que la chûte CD (*pl.* 1, *fig.* 3) eſt de 10 pieds. 2°. Que le tuyau AB décharge 30 pouces d'eau dans la cuvette C, qui eſt la dépenſe qui ſe fera par le pied de la chûte. 3°. Que la hauteur FL du tuyau qui élevera l'eau dans la cuvette M doit être de 50 pieds. 4°. Que le jeu des piſtons ſera de 30 pouces, & qu'ils feront un pied de chemin par ſeconde, qui eſt la vîteſſe qui leur convient, pour que le mouvement de la machine ſoit bien reglé. 5°. Qu'on a eſtimé la réſiſtance cauſée par la relevée du poids du régulateur & le frottement des piſtons, équivalente à une colonne d'eau de 10 pieds de hauteur, ayant pour baſe le cercle du petit piſton; ainſi dans le calcul de cette machine, il faudra agir comme ſi le tuyau montant FL avoit 60 pieds au lieu de 50.

l'on doit ſuivre pour conſtruire cette machine dans le cas où l'on voudroit faire monter l'eau d'une fontaine, dans une cuvette beaucoup plus élevée que la ſienne.

PLAN. I. FIG. 3.

1169. La chûte étant de 10 pieds, on trouvera que la vîteſſe entiere de l'eau à ſon entrée dans le gros corps de pompe, ſeroit un peu plus de 24 pieds par ſeconde, ſi elle ne rencontroit point d'oppoſition; mais comme elle doit agir ſur un piſton dont la vîteſſe uniforme n'eſt que d'un pied par ſeconde, la vîteſſe reſpective de l'eau ſera donc de 23 pieds (899). Ainſi le rapport de la vîteſſe *reſpective à la vîteſſe entiere*, ſera exprimé par $\frac{23}{24}$, dont le quarré donne $\frac{529}{576}$, ou à-peu près $\frac{11}{12}$, pour le rapport de la force *relative* à la force *abſolue*; c'eſt-à-dire, que le gros piſton ne ſera pouſſé qu'avec *les onze douziemes de la force entiere de l'eau*. Ainſi dans les calculs ſuivans, *il faudra réduire la hauteur de la chûte, en la multipliant par* $\frac{11}{12}$, *pour n'avoir égard qu'à la pouſſe effective de l'eau, ſans ſe mettre en peine de ſa vîteſſe.*

Le gros piſton de cette machine n'eſt pouſſé par l'eau de la chûte qu'avec une force relative.

1170. Comme dans l'état d'équilibre *les ſuperficies des cercles du gros & du petit piſtons doivent être dans la raiſon réciproque des hauteurs des colonnes d'eau auxquelles elles ſervent de baſes*; on aura le rapport de ces cercles, en multipliant le premier par la hauteur de la chûte réduite, & en diviſant le produit par la hauteur où on veut élever l'eau. Par conſéquent ſi l'on prend l'*unité* pour la ſuperficie du cercle du gros piſton, on trouvera ce rapport *en diviſant la chûte réduite par la hauteur où on veut élever l'eau; alors cette hauteur exprimera la ſuperficie du gros piſton, & la chûte réduite celle du petit.*

Les cercles du gros & du petit piſton doivent être dans la raiſon réciproque de la chûte & de la hauteur où on veut élever l'eau.

1171. Les deux piſtons ayant la même vîteſſe, il ſuit de l'article précédent, *que la quantité d'eau qui ſortira par l'orifice de fuite, ſera à celle qui montera, dans la raiſon réciproque de la hauteur où on veut élever l'eau à la hauteur de la chûte réduite.*

La quantité d'eau qui montera, eſt à celle qui pouſſe le gros piſton réciproquement comme la hauteur où on veut élever l'eau eſt à celle de la chûte réduite.

1172. Comme la quantité d'eau qui ſortira par l'orifice de fuite, jointe à celle qui montera, ſera égale à la dépenſe totale, *il ſuit encore que cette dépenſe ſera à la quantité d'eau qui montera, comme la*

Rapport de la dépenſe totale de la ſource à la quanti-

té d'eau qui montera.

hauteur où elle ſera élevée plus celle de la chûte réduite, eſt à la hauteur de la même chûte réduite.

Le diametre du gros piſton étant donné, trouver celui du petit.

1173. Après avoir établi les regles précédentes, j'ai réfléchi mûrement ſur la meſure qu'il convenoit de donner au diametre du gros piſton, relativement à ſon jeu & à la dépenſe de la ſource, & j'ai trouvé qu'en le faiſant de 10 pouces, il produiroit un bon effet. Ainſi multipliant ſon quarré par la hauteur réduite de la chûte (1169), c'eſt-à-dire, par $10 \times \frac{11}{12}$, ou par $\frac{110}{12}$, & diviſant le produit par 60 pieds, *hauteur où l'on ſuppoſe devoir élever l'eau* (1168), il viendra $15\frac{5}{18}$ pouces pour la ſuperficie du quarré du diametre du petit piſton, dont la racine eſt de 3 pouces 11 lignes pour la valeur de ce diametre.

Pour que l'eau que ce piſton doit refouler ne ſoit point contrainte en montant, il faudra donner au moins 4 pouces 6 lignes de diametre aux tuyaux montans, autant aux ſoupapes & au tuyau de communication.

La machine étant exécutée ſelon ce qui précede, élevera à 50 pieds 12 muids d'eau par heure.

1174. On connoîtra le produit de cette machine, en diſant ſelon l'article 1172, comme la hauteur où on veut élever l'eau, plus la chûte réduite, c'eſt-à-dire, comme $\frac{830}{12}$ eſt à la chute réduite, qui eſt $\frac{1100}{12}$, ou comme 83 eſt à 11; ainſi la dépenſe totale, qui eſt de 30 pouces d'eau, eſt à la dépenſe que l'on cherche; on trouvera environ 4 pouces pour le produit de la machine, qui fournira par conſéquent 12 muids d'eau par heure. On remarquera en paſſant qu'il en montera d'autant plus, qu'elle ſera élevée à une moindre hauteur, & au contraire.

Il faut que la viteſſe des piſtons ſoit reglée ſur le tems qu'il faudra au gros corps de pompe pour ſe vuider.

1175. Ayant dit que le jeu des piſtons étoit de 30 pouces, & leur viteſſe d'un pied par ſeconde (1168), ils employeront deux ſecondes & demie à aller, & ſuppoſant qu'ils reviennent avec la même viteſſe, il leur faudra cinq ſecondes pour chaque impulſion, ainſi ils en donneront 12 par minute. Mais il eſt eſſentiel de remarquer qu'il faut pour que cela arrive, que le gros corps de pompe puiſſe ſe vuider en deux ſecondes & demie, autrement s'il lui falloit plus de tems que nous n'en avons ſuppoſé pour le retour des piſtons, il arriveroit indubitablement que l'eau de la ſource étant plus abondante qu'il ne faut pour le jeu de la machine, relativement à la groſſeur des corps de pompes, il s'en repandroit une partie au-deſſus des bords de la cuvette qui reçoit la ſource. Alors il n'en monteroit pas la quantité que nous venons de trouver; car, comme je l'ai dit tant de fois, *il faut que les tuyaux ou pertuis par où doit paſſer l'eau, ne retardent jamais la viteſſe qui doit lui convenir.*

Preuve pour faire

1176. Le gros piſton ayant 10 pouces de diametre (1173), la ſuperficie

ſuperficie ſera de $78\frac{4}{7}$ pouces quarrés, ou les $\frac{13}{24}$ d'un pied quarré; ſi l'on multiplie cette fractiou par $2\frac{1}{2}$ pieds, ou par $\frac{5}{2}$ de pieds, jeu du piſton, il viendra $\frac{65}{48}$, ou à-peu-près $1\frac{3}{8}$ pieds cubes d'eau, pour la quantité qui entrera dans le gros corps de pompe à chaque *impulſion*.

voir que l'eau qui doit s'évacuer du gros corps de pompe, ne ſera point un obſtacle au jeu du piſton.

Pour ſavoir le tems que cette eau employera à ſortir, pouſſée par la ſeule action de ſa peſanteur, il faut être prévenu que le pertuis pratiqué dans le robinet a 10 pouces de hauteur ſur 3 pouces de largeur; ainſi le profil de ce pertuis ſe trouve avoir 30 pouces quarrés de ſuperficie, qui étant diviſés par 144, donnent $\frac{5}{24}$ pieds quarrés pour la ſuperficie.

Voulant ſavoir la quantité d'eau qui en ſortira par ſeconde, il faut (ſelon l'article 524) chercher la vîteſſe qui répond à 10 pouces de chûte, hauteur du pertuis ſuppoſé rectangulaire, on trouvera 7 pieds, dont on prendra les deux tiers, qui donnent 4 pieds 8 pouces ou $\frac{14}{3}$ de pieds, qu'il faut multiplier par $\frac{5}{24}$; il viendra $\frac{70}{72}$, ou $\frac{35}{36}$ pieds cubes pour la quantité d'eau qui ſortira du pertuis par ſeconde. Comme nous venons de voir que le corps de pompe contenoit $\frac{65}{48}$ pieds cubes, on jugera du tems qu'il lui faudra pour ſe vuider, en diſant, ſi $\frac{35}{36}$ pieds cubes d'eau s'écoulent en une ſeconde, en combien de tems s'écouleront $\frac{65}{48}$; il viendra pour quatrieme terme $\frac{234}{168}$ ou $1\frac{22}{36}$, ou $1\frac{3}{7}$ ſeconde; ce qui fait voir que le corps de pompe employera tout au plus une ſeconde & demie de tems à ſe vuider. Cependant comme nous avons ſuppoſé dans l'article 1175, que le corps de pompe employeroit $2\frac{1}{2}$ ſecondes à ſe vuider, on voit qu'il reſte une ſeconde pour ſuppléer au retardement que la vîteſſe de l'eau peut recevoir de la part des frottemens, & que le piſton fera au moins douze chaſſes par minutes.

1177. D'autre part, comme les piſtons ſeront pouſſés en arriere par le poids d'une colonne d'eau qui aura pour baſe le cercle du petit piſton, & pour hauteur la chûte (1162), c'eſt-à-dire, par une force d'environ 60 liv. qui eſt bien plus que ſuffiſante pour relever le poids du balancier & vaincre le frottement des piſtons; ce qui reſtera de cette force ſera employé à précipiter l'évacuation du corps de pompe, qui ſe fera encore plus promptement que nous ne comptons.

L'action de la chûte précipitera l'évacuation du gros corps de pompe.

1178. Ayant ſuppoſé que la hauteur où on veut élever l'eau avoit 10 pieds de plus qu'elle ne devoit avoir effectivement (1168), on voit auſſi que le gros piſton ſera pouſſé avec 60 liv. de force de plus qu'il ne lui en faut pour refouler l'eau à 50 pieds de hauteur. Enfin, comme on vient de faire voir que ce ſurcroît de force ſurpaſſoit de beaucoup celle qu'il falloit pour relever le poids du balancier,

Preuve pour faire voir que le jeu de la machine ne ſera point retardé par aucun obſtacle.

& pour ſurmonter la réſiſtance du frottement des piſtons, il arrivera que ces piſtons pourroient avoir un peu plus d'un pied de vîteſſe par ſeconde, ſi la ſource étoit aſſez abondante pour fournir plus de douze chaſſes par minute. Ainſi il ne faut point appréhender que le mouvement de la machine ſoit retardé par aucun obſtacle, car il eſt bon de remarquer que comme les roulettes qui font mouvoir le régulateur, agiſſent ſur un bras de levier qui eſt d'abord auſſi long que celui du poids, une force de 10 livres ſuffira pour le relever dans le cas de ſa plus grande réſiſtance, qui ira toujours en diminuant, parce que ſon bras de levier ſe raccourcit beaucoup plus à proportion que celui de la puiſſance, à meſure que la tige approche de la verticale.

Le mouvement de la machine ſera bien reglé, quand le Régulateur fera 24 vibrations par minute.

1179. Si nous avons donné 30 pouces de chaſſe aux piſtons ſur un pied de vîteſſe par ſeconde, c'eſt afin que le régulateur ne faiſant que 24 vibrations par minute, ſon mouvement ne fût point trop précipité, puiſqu'il en pourroit faire 30 dans le même tems, comme nous le démontrerons, en décrivant la machine de Freſne proche Condé, où il y a un régulateur dans le goût de celui-ci.

La chûte doit être meſurée depuis l'axe des piſtons juſqu'au fond de la cuvette.

1180. On obſervera que je meſure la chûte depuis le fond de la cuvette qui reçoit la ſource juſqu'au centre du gros piſton, afin qu'il y ait toujours ſept ou huit pouces d'eau dans cette cuvette, pour rendre la chûte capable d'une force un peu au-deſſus de celle ſur laquelle on a compté, & de ſuppléer à l'altération que la vîteſſe de l'eau peut recevoir de la part des frottemens, en s'introduiſant dans le gros corps de pompe, & des autres obſtacles imprévus.

On peut, en faiſant un tuyau coudé, qui aboutiſſe au petit corps de pompe, refouler l'eau le long d'un plan incliné, ſi on n'a pas la commodité de l'élever verticalement.

PLAN. 1. FIG. 2. & 3.

1181. Comme il eſt indifférent que l'eau que refoule un piſton monte dans un tuyau vertical, ou le long d'un plan incliné, ou même par un ſiphon de pluſieurs branches, puiſqu'il faudra toujours la même force pour vaincre le poids de la colonne qu'on veut élever (559, 560), on peut ſe paſſer de la cuvette M, du tuyau montant FL, & par conſéquent du deſcendant MN, en faiſant refouler l'eau tout de ſuite à l'endroit où elle doit ſe rendre, comme la ſeconde figure le repréſente. Par ce moyen on ſera diſpenſé de faire un bâtiment auſſi élevé qu'il le faudroit pour placer la cuvette M; mais j'ai cru devoir d'abord expoſer les choſes ſous l'idée que j'en ai donnée dans l'article 1154, afin de mieux inſinuer ma penſée.

1182. Pour arrêter la machine quand on veut, il doit y avoir au fond de la cuvette qui répond au ſommet de la chûte, une ſoupape ou crapaudine, ſervant à interrompre la deſcente de l'eau, & un tuyau de décharge *pbc*, pour conduire les eaux de la ſource

Il faut un tuyau de décharge pour con-

dans la cuvette *rc*. Il faut auſſi un autre tuyau *kr*, pour conduire dans la même cuvette l'eau qui pourra filtrer des corps de pompes dans la crêche IKEG (*plan.* 1, *fig.* 4, 5 & 6).

duire l'eau de la ſource dans la cuvette inférieure, quand on veut arrêter la machine.

PLAN. 1.

1183. Je ne dis rien des dimenſions de toutes les parties de cette machine, pour ne point entrer dans un détail ennuyeux, parce qu'on les trouvera avec le ſecours des échelles qui accompagnent les trois premieres planches, chaque piece ayant été tracée dans la juſte grandeur qui lui convenoit; je ſupprime auſſi nombre d'obſervations ſur l'aſſemblage & la diſpoſition des mêmes pieces, chacun pouvant en juger par la maniere dont elles ſont repréſentées.

Les dimenſions des parties de cette machine, de même que les épaiſſeurs des pieces de fonte & de fer qui la compoſent, ſe trouveront avec le ſecours des échelles.

1184. Lorſqu'on aura une ſource plus abondante qu'il ne faut pour fournir au jeu & à la dépenſe d'une ſeule machine, on pourra en faire deux l'une à côté de l'autre, qui feront monter l'eau ſans interruption, par le moyen d'une fourche qui ira aboutir au tuyau de conduite, lequel recevra l'eau des deux machines; on pourroit même les diſpoſer de façon qu'elles n'euſſent qu'un régulateur commun, qui ouvriroit en même tems l'orifice de chaſſe de l'une & celui de fuite de l'autre.

On peut dans un même endroit faire jouer pluſieurs machines, telles que celles-ci, pour élever enſemble une plus grande quantité d'eau.

1185. Je ne doute point que cette machine ne rencontre des cenſeurs qui conviendront peut-être qu'elle eſt aſſez heureuſement imaginée, mais qui objecteront que tout ce qui porte ſur le papier un caractere d'évidence, ne réuſſit pas toujours dans l'exécution. Il eſt vrai que cela n'eſt que trop ordinaire; cependant je les prie de conſiderer que ſi la plûpart des projets ſont démentis par l'événement, malgré les bonnes raiſons dont ils étoient appuyés, il ne faut pas croire qu'une fatalité aveugle s'en ſoit mêlée. Cela vient de ce que leurs Auteurs n'ont point aſſez raiſonné ſur chaque partie, pour prévoir tout ce qui arriveroit dans la pratique, conſéquemment à des connoiſſances acquiſes par la pratique même & à une exacte théorie. Ils inſinuent confuſément aux ouvriers ce qu'ils veulent leur faire faire, ſans leur donner ni devis, ni deſſeins; ces derniers ne pouvant que remplir ce qu'on leur commande, ne ſont point reſponſables du peu d'intelligence de ceux qui les dirigent, & il y auroit de l'injuſtice de s'en prendre à eux quand la machine ne remplit pas ſon objet. C'eſt ce qu'on n'appréhende point quand on a ſuivi une méthode comme celle qui m'a guidée, que je cite bien moins pour en tirer vanité, que pour ſervir d'exemple à ceux qui voudront travailler dans le même goût, afin qu'ils apprennent avec quelle préciſion il faut agir pour s'aſſurer du ſuccès.

Réflexion ſur le ſentiment qu'on pourra avoir de cette machine.

1186. Ayant promis dans l'article 960 de faire part au public

Diſcours ſur

la machine imaginée par Meſſieurs Deniſard *&* de la Dueille, *& le jugement que l'Académie Royale des Sciences en a porté.*

de la machine inventée par Meſſieurs *Deniſard* & *de la Dueille*; en voici la deſcription, telle qu'ils me l'ont communiquée, & telle qu'ils l'ont fait inſérer dans le *Recueil des machines approuvées par l'Académie Royale des Sciences*, tome V. page 159, n'ayant rien voulu changer ni au diſcours ni aux deſſeins qu'ils en ont donné, de crainte de m'écarter de leur penſée.

On verra qu'en ſe ſervant d'une chûte d'eau naturelle ou artificielle, nous avons eu à-peu-près les mêmes vues, mais que nous differons totalement dans la maniere de remplir notre objet commun.

Je crois devoir ajouter à la louange de ces Meſſieurs, que leur machine a été exécutée à Seve, ſur le chemin de Paris à Verſailles, qu'elle a joué avec un ſuccès merveilleux, en préſence de Meſſieurs les Commiſſaires nommés par l'Académie Royale des Sciences, qui ont déclaré dans leur rapport, *avoir vu agir la machine, & l'eau s'élever d'elle-même à 32 pieds par le moyen d'une chûte de 9 pieds; que de 128 muids que la ſource fourniſſoit par jour pour entretenir le mouvement de la machine, il en montoit 6, & qu'il en deſcendoit 114; en conſéquence Meſſieurs de l'Académie ont approuvé la machine, qu'ils ont eſtimé fort ingénieuſement inventée; qu'elle pouvoit être utilement établie dans les lieux où l'on a déja une chûte d'eau; que dans d'autres circonſtances que celle de l'expérience de Seve, on fera monter une plus grande ou une plus petite quantité d'eau par jour, ſelon que la ſource en produira, & qu'on pourra avoir de profit plus d'un vingtieme de la dépenſe totale de la ſource; & qu'enfin les inventeurs paroiſſoient fort capables de donner à cette machine toute la perfection qu'elle peut recevoir.* Ce ſont les propres termes du certificat daté du 28 Juillet 1731; enſuite Sa Majeſté a accordé aux Inventeurs un privilege excluſif pour vingt années dans toute l'étendue du Royaume, daté du 11 Décembre 1731.

Deſcription de la machine inventée par Meſſieurs Deniſard & de la Dueille.

Deſcription de cette machine, telle que les Auteurs l'ont donné.

PLAN. 5 FIG. 3. & 4.

« 1187. ABCD eſt un aſſemblage de charpente, dans lequel eſt » un baſſin compoſé de deux plateaux de bois M, N, poſés l'un ſur » l'autre, & creuſés en rond, pour former le baſſin qui eſt revêtu » de cuir par haut & par bas. Dans ce baſſin eſt un piſton (960), » qui a à-peu-près le même diametre que l'intérieur du baſſin où il » eſt pratiqué; il lui eſt aſſujetti par un cuir pris dans les joints des » pieces MN, de maniere qu'il ne peut monter & deſcendre dans

» le baſſin que de trois à quatre pouces. Quatre tuyaux ſont adap- PLAN 5,
» tés à ce baſſin, deux en deſſous & deux en deſſus : le premier FIG. 3.
» tuyau Q eſt celui de la ſource ; le ſecond tuyau S eſt le tuyau
» montant ; le troiſieme R eſt le tuyau de ſortie ; & le quatrieme
» T eſt le tuyau deſcendant. Les traverſes O, P, de même que les
» autres H, G ſont pour affermir les pieces M, N. Les deux leviers
» E, F, qui ont leur centre de mouvement au point E, portent
» ſur une traverſe G, fixée à la tige du piſton ; ces leviers ſont char-
» gés d'un poids équivalent au poids de la colonne d'eau de la
» ſource. La partie G ſur laquelle ſont les leviers, porte encore une
» longue vis V, garnie de deux écrous, qui font hauſſer & baiſſer
» alternativement le balancier ILH, compoſé de deux baſſins,
» qui ont communication entr'eux par deux tuyaux qui les aſſem-
» blent, enſorte que l'eau contenue dans un des baſſins peut paſſer
» dans l'autre, ſuivant les déterminations que les écrous leur don-
» nent ; un troiſieme tuyau Z, ſert au paſſage de l'air d'un des baſ-
» ſins dans l'autre. Aux extrémités de ce balancier ſont engagées
» des tiges qui ouvrent & ferment des ſoupapes adaptées aux
» tuyaux de ſortie & deſcendant ; ces ſoupapes ſont conſtruites de
» la maniere ſuivante.

Explication des ſoupapes employées dans cette machine.

» 1188. La ſoupape eſt enfermée dans un petit coffre *ab ;* dans
» ce coffre eſt un cône tronqué *i* couvert, auquel eſt adapté le
» tuyau. Le couvercle de ce cône tient à l'axe *c* par une patte d'é-
» creviſſe ; à ce même axe *c* tient la tige *e*, qui eſt celle qui s'engage
» dans le balancier. La partie *i* de la ſoupape étant bouchée par le
» cône plein, qui tient à la patte d'écreviſſe, & toute la ſoupape ſe
» trouvant noyée, la colonne d'eau ne coûtera à élever qu'en rai-
» ſon des diametres des baſes. Il arrivera que ſi l'on vient à faire
» deſcendre la tige *e*, le cône plein, qui a un mouvement contraire,
» débouchera le cône creux *i*, & que l'eau n'aura aucune difficulté
» à paſſer dans les tuyaux *d*, *r* ; ſi au contraire l'eau éleve la même
» tige *e*, la ſoupape ſe refermera & le tuyau ſera bouché.

FIG. 1. & 2.

A quoi ſe réduit le jeu de la même machine

» 1189. La ſource L étant ſuppoſée de 10 pieds, l'eau s'introduit
» par le tuyau ITV deſſous le grand piſton A, qui étant pouſſé
» par cette eau, s'éleve naturellement, & porte le poids des le-
» viers proportionné à ſa force. Ce piſton en s'élevant fait ſortir l'eau
» BB, dont il eſt chargé, par le tuyau F de ſortie ; par cette éleva-
» tion l'écrou N porte le balancier & l'éleve, d'où il arrive que le
» balancier ayant paſſé l'horiſontal, l'eau contenue dans le baſſin
» O paſſe dans le baſſin Q. Alors l'extrémité O éleve la tige R, qui
» ferme la ſoupape H du tuyau F ; enſuite le baſſin Q appuyant ſur

PLAN. 5. FIG. 4.

» la tige S, ouvre la ſoupape X du tuyau de deſcente G, & l'eau de » la ſource priſe deſſous le grand piſton monte par le tuyau mon- » tant ZZ. Le tuyau V étant bouché, pour lors le piſton eſt chargé » du poids de l'eau du tuyau de deſcente G ſuppoſé à 30 pieds de la » charge des leviers. Par la deſcente du piſton, le balancier eſt ra- » mené par l'écrou ſupérieur Y, & l'eau repaſſant du baſſin Q dans » le baſſin O, ferme la ſoupape X du tuyau Z, & ouvre la ſoupape » H; & ainſi ſucceſſivement l'eau eſt élevée.

Obſervations ſur les dimenſions qu'il faut donner aux piſtons par rapport à la hauteur de la chûte & à celle où on veut élever l'eau.

» 1190. Il faut obſerver qu'à la tige du grand piſton il y en ait » un ſecond BW, qui ſoit proportionné à la chûte de la ſource » & à la hauteur où on veut faire redeſcendre la partie d'eau né- » ceſſaire pour produire le mouvement de la machine, lequel piſton » tient lieu de retranchement au baſſin ſupérieur, pour qu'il ne » puiſſe pas redeſcendre autant d'eau qu'il en monte. Soit, par » exemple, une ſource de dix pieds de chûte, ſuppoſant qu'on » veuille faire monter l'eau à 20 pieds, & que l'on ſouhaite conſer- » ver la moitié de cette quantité, il faudra à la rigueur que le re- » tranchement ou le petit piſton ſoit de la valeur du demi-cercle » du baſſin d'en haut. En ce cas, les 20 pieds de deſcente vaudront » 10 pieds du diametre du baſſin de deſſous, lequel étant joint au » poids que la ſource a à élever, qui eſt de 10 pieds, donnera la » force ſuffiſante pour faire équilibre à la hauteur de 20 pieds; par » conſéquent il faudra faire le retranchement un peu moins grand, » pour faire deſcendre un peu plus d'eau, afin d'avoir la détermi- » nation requiſe.

» Si l'on veut faire un jet ou nappe d'eau de cinq pieds de hau- » teur, il faudra faire redeſcendre à-peu-près les trois quarts de » l'eau ».

Ces Meſſieurs donnent enſuite un profil de la même machine doublée, pour faire monter l'eau continuellement; mais comme ils l'ont trouvé trop compliquée, ils s'en ſont tenus à la diſpoſition repréſentée par les figures 5 & 6, dont nous avons ſupprimé les baſſins ſupérieurs, qui doivent répondre aux tuyaux deſcendans YY, EF, n'ayant pas eu de place pour les comprendre ſur la planche.

Nouvelle diſpoſition que les Auteurs ont donnée aux parties de la même machine pour la rendre ca-

« 1191. La ſource A fournit de l'eau par le tuyau ABC, en » deſſous du piſton inférieur D; cette ſource ſuppoſée à 10 pieds, » éleve le piſton de cette quantité. Le tuyau de deſcente EFG » élevé à 30 pieds, fournit de l'eau en deſſous du piſton ſupérieur » H, & tend à l'élever auſſi de 30 pieds de force; pour lors l'eau » comprimée en deſſus du même piſton H, eſt forcée de monter

» par le tuyau montant ILM. Pendant ce tems, l'eau contenue en » deſſus du piſton inférieur D, s'écoule par le tuyau de ſortie N, » la ſoupape O pouvant s'ouvrir au moyen de la tige P, qui a rap- » port au mouvement de l'étrier QR (*fig.* 5) qui s'éleve & s'abaiſſe » avec les piſtons, tenant à leur tige commune S; la ſeconde ſou- » pape T s'ouvre & ſe ferme de la même façon que la premiere » ſoupape O. Ces mouvemens étant tranſportés du côté OP, la » ſource V étant ſuppoſée encore à dix pieds, le tuyau VX four- » nira l'eau en deſſus du piſton ſupérieur H; l'eau du tuyau de deſ- » cente YY, dont le réſervoir eſt à 30 pieds, chargera le piſton in- » férieur D en deſſus, & forcera l'eau de monter par le tuyau ZW à » la hauteur de 40 pieds. Pendant cette opération, l'eau contenue » en deſſous du piſton ſupérieur H, a la liberté de couler par le » tuyau de ſortie K, la ſoupape T étant ouverte par ce mouvement » alternatif. On voit que la machine fourniroit continuellement » de l'eau, tantôt d'un côté & tantôt de l'autre. Quant aux ma- » chines qui ſervent à ouvrir & fermer les ſoupapes, elles ſont les » mêmes dont on a parlé dans les machines précédentes; on ne » fait que les appliquer à la tige 4 de l'étrier QR, placé au centre » des piſtons, & qui tient, comme on l'a déja dit, à la tige com- » mune des mêmes piſtons enfermés dans les baſſins 2 & 3; l'éle- » vation & l'abaiſſement de l'étrier eſt déterminé par la diſtance » que les baſſins 2 & 3 laiſſent entr'eux.

pable de faire monter l'eau continuellement.

PLAN. 5 FIG. 5. & 6.

» Le cercle de fer 5, 6, garni d'écroux, ſert à retenir les pla- » teaux qui compoſent chaque baſſin.

» Il eſt inutile de dire que l'on doit garnir les tuyaux de pluſieurs » clapets, pour empêcher l'eau de revenir aux endroits dont elle » eſt partie ».

L'heureux génie de Meſſieurs *Deniſard* & *de la Dueille* pour la méchanique, leur a fourni encore un nombre de nouvelles vues ſur les différens uſages qu'on peut faire de leur machine, & qui ne peuvent être bien rendues que par eux-mêmes; car ils méritent cette juſtice, qu'il y a eu peu de Machiniſtes plus abondans, & qui ayent raiſonné avec autant de préciſion. Le public leur doit beaucoup d'avoir travaillé à grands frais pendant une longue ſuite d'années, à ce qui pouvoit lui être utile; & à mon particulier, j'aurois un reproche à me faire, ſi je diſſimulois combien je ſuis reconnoiſſant de la confiance qu'ils m'ont marquée.

Description de la machine à chapelets, imaginée par M. Francini.

1192. Voici l'ingénieuse machine que M. *Francini* a exécutée en 1668, par ordre de M. *Colbert*, dans le jardin de l'ancienne Bibliotheque du Roi. Pour en bien juger, on sçaura que dans le voisinage de la maison, il y a une fontaine naturelle qui venoit autrefois se décharger dans un bassin situé au milieu du jardin, & que le superflu de l'eau que ce bassin pouvoit contenir étoit conduit par un canal dans un puits où elle se perdoit. M. *Francini* profitant du superflu de l'eau & de la profondeur du puits, a fait naître un jet d'eau artificiel dans le milieu du jardin, qui produisoit un fort bel effet.

La premiere & la seconde figure de la planche 6, représentent le profil & l'élevation de la machine dont il s'agit, composée de deux *doubles chaînes sans fin*, faites de petites barres de fer liées ensemble par des charnieres. A ces chaînes sont attachés des *godets* formant deux chapelets d'inégale hauteur qui tournent sur un *tambour* FEDG, ayant des *rainures* à l'endroit des chaînes, afin que les chapelets soient toujours entretenus dans la même direction; l'intervalle des fuseaux de fer dont ce tambour est composé, est égal à la longueur des *chaînons* qui forment les chaînes, pour que le grand chapelet venant à tourner avec le tambour, l'autre soit contraint de tourner aussi.

PLAN. 6. FIG. 1. & 2.

L'essieu du tambour est soutenu par deux poteaux P, affermis par des liens assemblés avec les semelles qui sont sur le bord du puits, & fortifiés par deux entretoises QR, dont celle d'en bas sert à soutenir la cuvette A, dans laquelle vient se rendre le superflu de l'eau du bassin.

Quelle doit être la figure & la disposition des godets du grand & du petit chapelet.

1193. Les godets B du grand chapelet sont faits de plaques de cuivre, formant un vaisseau plus large à l'entrée qu'au fond, pour recevoir mieux l'eau de la cuvette A, qui coule sans cesse par la *gargouille* X; cette figure convient d'autant mieux à ces godets, que lorsqu'il y en a un de plein, le surplus de l'eau coulant le long de la surface, va se décharger naturellement dans le godet qui est au-dessous, de ce second dans le troisieme, ainsi de suite de l'un dans l'autre, sans que l'eau puisse se perdre en jaillissant de côté.

Les godets *c* du petit chapelet ont la même figure que les précédens, avec cette différence qu'ils sont fermés de toutes parts, excepté à l'endroit S où ils ont un petit *goulot* vers le fond le plus étroit

étroit, lequel se trouve en haut, lorsque les godets, étant pleins d'eau, montent pour la décharger dans la cuvette supérieure MI. Pour plus d'intelligence, on a dessiné en particulier un godet du grand & du petit chapelet, qui montrent la situation où ils se trouvent, lorsqu'étant remplis d'eau, ceux du grand descendent dans le puits, & ceux du petit montent pour aller se décharger dans la cuvette supérieure.

Quoique la premiere figure ne représente qu'un chapelet vu de côté, elle peut servir à expliquer la manœuvre de chacun en particulier. Par exemple, on peut prendre les godets B pour ceux du grand chapelet, lorsqu'ils descendent dans le puits, & les autres H du même lorsqu'ils montent à vuide. Que si au contraire il s'agit du petit chapelet, on jugera de la situation de ses godets H quand ils montent pleins d'eau, & du sens où ils se trouvent en B, quand ils descendent vuides. PLAN. 6. FIG. 1.

On a ajusté à l'axe du tambour une roue dentée O, qui s'engraine avec un pignon ou lanterne N, répondant à un volant pour entretenir l'uniformité du mouvement de la machine, afin quelle n'aille point par secousses, & qu'elle ne se ressente par des petites altérations que pourroient causer les obstacles qui se rencontreroient en son chemin.

1194. Comme le grand chapelet est supposé descendre dans le puits à une profondeur un peu plus grande que la hauteur où on veut élever l'eau au-dessus du rez-de-chaussée, il y aura toujours un plus grand nombre de ses godets qui descendront pleins d'eau, qu'il n'y en aura du petit chapelet qui la porteront au sommet du tambour; par conséquent le poids de l'eau qui descend se trouvant supérieur à celui de celle qui monte, le grand chapelet fera nécessairement tourner le petit, dont les godets se rempliront en passant dans la cuvette A, qui doit pour cela avoir une certaine profondeur, afin que l'eau ait le tems de s'y introduire. *Explication du jeu de cette machine.*

A l'égard de la vîtesse qui peut convenir au jeu de cette machine, ce n'est guere que par l'expérience qu'on peut le déterminer, en augmentant ou en diminuant le nombre des godets du grand chapelet, pour savoir à quel point la puissance doit être supérieure au poids; ce qui doit dépendre aussi de la dépense dont la source sera capable.

1195. Lorsque les godets du grand chapelet seront de même grandeur que ceux du petit, & que le premier chapelet sera un peu plus que double du second, il montera un peu moins d'eau dans la cuvette supérieure, qu'il ne s'en perdra dans le puits; c'est- *Le rapport de la capacité des godets du grand & du petit chape-*

let, doit ſe regler ſur celui qui eſt entre la chûte & la hauteur où on veut élever l'eau.

à-dire, qu'on élevera un peu moins de la moitié du produit de la ſource. Que ſi l'on vouloit qu'il en montât davantage que la moitié, mais à une hauteur moindre que la chûte, il faudroit alors faire la capacité des godets du petit chapelet, plus grande que celle des godets de l'autre, *dans la raiſon réciproque de la chûte de l'eau à la hauteur où elle ſera élevée.* Au contraire, lorſqu'on voudra faire monter l'eau à une hauteur plus grande que la chûte, il faudra faire les godets du petit chapelet moindres que ceux du grand, encore dans la raiſon réciproque de la deſcente & de la montée de l'eau; alors il en montera moins qu'il ne s'en perdra dans le puits, dans le rapport réciproque des mêmes termes.

On voit que dans le cas où M. *Francini* s'eſt ſervi de cette machine, l'eau, après avoir été élevée dans la cuvette ſupérieure NI, deſcendoit enſuite par un tuyau de conduite, & alloit jaillir dans le baſſin du jardin, d'où elle venoit ſe rendre dans la cuvette A, & ſe réunir avec celle de la ſource, pour faire agir tout de nouveau le grand & le petit chapelet; de ſorte que par le moyen de cette circulation, une ſource d'une dépenſe médiocre faiſoit monter ſans interruption une grande quantité d'eau, dont on auroit pu emprunter une partie pour tel uſage qu'on auroit voulu.

La principale difficulté qui ſe rencontre dans l'exécution de cette machine, eſt de pouvoir faire un puits plus profond que la chûte, pratiqué dans un terrein où l'eau puiſſe ſe perdre; à moins qu'au fond du puits on n'ait la facilité de faire un aqueduc pour la conduire dans un lieu plus bas.

Autre maniere d'élever une partie de l'eau d'une ſource quand on a une chûte.

1196. Pluſieurs perſonnes, à l'imitation de M. *Francini*, ont cherché le moyen d'élever l'eau d'une ſource, quand on peut diſpoſer d'une chûte; en voici un fort ſimple, à l'aide de deux ſceaux ſeulement, qui eſt le même dont ſe ſert M. *Bucket*, mais qu'il a beaucoup perfectionné, comme nous le ferons voir par la ſuite.

PLAN. 6. FIG. 3.

Pour bien entendre la manœuvre de ces deux ſceaux, on ſaura que le premier A doit être plus grand que l'autre B, pour qu'étant tous deux pleins d'eau, le premier en deſcendant faſſe monter le ſecond; & qu'au contraire il faut, lorſque ces deux ſceaux ſont vuides, que le plus petit B peſe davantage que le premier A, pour contraindre celui-ci de monter; ce qu'on pourra faire en chargeant le plus petit B d'un poids qui lui donne cet avantage.

Par exemple, je ſuppoſe que le petit ſceau B peſe 6 livres de plus que le grand A, mais qu'en récompenſe, lorſqu'ils ſeront tous les deux pleins, ce dernier contienne ſix pintes d'eau plus que l'autre, équivalente à un poids de 12 livres; alors le grand ſceau peſant 6 livres de plus que le petit, emportera ce dernier, qui enlevera le grand à ſon tour par l'action des 6 livres qu'il peſera de plus, quand il ſeront tous deux vuides. J'ajouterai que le ſceau B doit être entouré dans le milieu de ſa hauteur d'un anneau ou cercle de fer P, d'un diametre plus grand que celui du ſceau, pour lui tenir lieu d'anſes, indépendamment de celui qu'il a de commun avec les ſceaux ordinaires, & que l'autre A doit avoir un pareil cercle Q attaché vers le fond. PLAN. 6. FIG. 3.

En ſuivant cette idée, on ſuppoſe qu'on a conduit l'eau d'une ſource dans une cuvette ou réſervoir E, & qu'elle coule ſans ceſſe par la gargouille F, répondant à une chûte CD; que les deux ſceaux dont nous venons de parler ſont attachés à une corde ou chaîne qui paſſe ſur une poulie R, de maniere que quand le petit ſceau B ſe trouve plongé dans l'eau de la cuvette, l'autre A reçoit celle qui coule par la gargouille F.

Explication du jeu de cette machine.

1197. Quand le ſceau A ſera plein, il deſcendra & fera monter l'autre B d'une hauteur égale à la deſcente du premier, qui ſera meſurée par la chûte; lorſque le plus petit B ſera parvenu à la hauteur de la cuvette où il doit ſe décharger, l'anneau dont il eſt entouré venant rencontrer le crochet O, fera incliner ce ſceau qui ſe vuidera dans la cuvette. Comme dans ce moment l'anneau de l'autre ſceau A doit rencontrer auſſi au pied de la chûte un crochet qui l'inclinera de même, les deux ſceaux ſe vuideront dans le même tems: enſuite le petit ſe trouvant plus peſant que le grand, contraindra ce dernier de monter pour recommencer la même manœuvre.

On ſuppoſe que l'eſſieu de la poulie R eſt accompagné d'une roue dentée S, qui s'engraine avec un pignon T, répondant à un volant qui tourne tantôt d'un ſens & tantôt de l'autre alternativement, ſelon que les ſceaux ſont pleins ou vuides, pour entretenir l'uniformité du mouvement (1193).

De quelle maniere on peut faire que l'eau monte plus haut que la chûte.

1198. Comme il peut arriver que la chûte CD ſe trouve plus petite que la hauteur où on veut élever l'eau, on pourra alors ſuſpendre les ſceaux K & L à deux lanternes différentes M, N, dont les diametres ſoient dans la raiſon réciproque de la chûte & de la hauteur où on veut élever l'eau, obſervant que ces deux lanternes doivent être attachées à un eſſieu commun, pour tourner avec lui. FIG. 4.

PLAN. 6. FIG. 4 Par exemple, ſi la chûte étoit de 10 pieds, & qu'on voulût élever l'eau à 30, il faudroit que le rayon de la lanterne M, qui répond au petit ſceau L, fût triple du rayon de la lanterne N, qui ſoutient le grand ſceau K; mais alors les poids devant être dans la raiſon réciproque de leurs bras de levier, la capacité du petit ſceau ne ſera que le tiers de celle du grand, & même un peu moindre, pour que le grand puiſſe l'emporter.

On conviendra que cette maniere de faire monter l'eau eſt fort ingénieuſe & de la derniere ſimplicité; je me contente d'en donner ſeulement l'idée, car s'il étoit queſtion de la mettre en pratique, il faudroit y ajouter pluſieurs choſes que je paſſe ſous ſilence, & ſans leſquelles je doute que cette machine pût réuſſir. Il faudroit, par exemple, que les ſceaux en montant & en deſcendant ſuiviſſent toujours la même direction, & que lorſqu'ils ſont arrivés à leurs termes, ils ſe vuidaſſent tous deux en même tems.

Pluſieurs perſonnes en France ont voulu s'attribuer le mérite de cette invention; mais j'ai appris de M. *Cromwel Mortimer*, Secrétaire de la Société Royale de Londres, que *Gironimo Finugio* en eſt le premier inventeur, ayant mis cette machine au jour à Rome en 1616. Cependant comme elle n'a été exécutée qu'en Angleterre, d'une maniere qui ne laiſſe rien à déſirer, on ne peut douter que M. *Bucket* ne l'ait beaucoup rectifiée.

Meſſieurs de la Société Royale de Londres envoyent à l'Auteur la deſcription de la machine de M. Bucket. 1199. Meſſieurs de la Société Royale de Londres, prévenus que je devois rapporter dans mon Architecture Hydraulique les plus belles machines qui avoient été exécutées en Europe pour élever l'eau, m'ont envoyé ce qu'ils avoient d'intéreſſant en Angleterre ſur ce ſujet, entr'autres celle de M. *Bucket*, que l'on voit repréſentée en perſpective par la cinquieme figure, telle que M. *Cromwel Mortimer* me l'a adreſſée avec la deſcription que voici, à laquelle j'ai changé peu de choſe, ayant été fidelement traduite ſur l'original écrit en Anglois.

Deſcription de la machine rectifiée en Angleterre par M. Bucket.

PLAN. 6. FIG. 5. 1200. A eſt une petite ſource qui fournit par minute environ 16 pintes d'eau, meſure de Paris, conduite à 36 toiſes de diſtance par un petit canal dans un réſervoir B, contenant environ 48 pintes: ce réſervoir eſt placé au ſommet d'une chûte BC de 10 pieds de hauteur.

C, eſt un puiſard recevant le ſuperflu de l'eau du réſervoir B, qui s'écoule enſuite par le canal D.

E, repréſente le plan du bâtiment tracé ſur une échelle de 8 pieds par pouce.

FG, vue intérieure du bâtiment, qui comprend la machine, tracée ſur une échelle de 4 pieds par pouce.

H, I, K, repréſente trois planchers différens, convenant à la diſpoſition de la machine.

LMN, aſſemblage de charpente, ſur lequel ſont appuyées les parties ſupérieures de la machine, que l'on a rendues ſenſibles, en ſupprimant les pieces de charpente qui les cachoient.

O, axe de $3\frac{1}{2}$ pieds de longueur, placé horiſontalement, tournant ſur ſes tourillons; cet axe eſt commun à trois roues.

La premiere P a 2 pieds de diametre, & 5 pouces d'épaiſſeur, ſur laquelle on a pratiqué un canal comme aux poulies.

La ſeconde roue Q a 6 pieds de diametre, ayant des rebords ſur ſa circonférence, qui forment un canal d'un pouce & demi de largeur, allant en ſpirale, dont le plus grand écart ſur une ſeule révolution eſt de 2 pouces.

La troiſieme R a 3 pieds 10 pouces de diametre, appliquée ſur les rays de la précedente Q: ſa circonférence eſt accompagnée de rebords comme les autres, & faite auſſi en ſpirale, de maniere que dans une révolution, le plus grand écart du centre n'eſt que de $\frac{3}{4}$ pouces.

Sur la roue P eſt attaché une chaîne plate & fort fléxible, laquelle, après avoir entouré la circonférence, ſe diviſe en deux autres chaînes P, S, qui ſe maintiennent toujours dans la même direction verticale.

A ces chaînes eſt attachée une verge de fer qui porte le grand ſceau *d* fait de cuivre.

Sur la roue Q eſt auſſi attachée une chaîne plate comme la précedente: quand cette roue a fait un tour de la gauche à la droite, ſa circonférence a pris autant de chaîne qu'il s'en rencontre entre T & T 2.

La partie inférieure de cette chaîne depuis T 2 juſqu'à T 3, eſt croiſée par de petites barres, qui entrent dans les coches ou crans pratiqués dans les rebords de la roue Q; par ce moyen on empêche cette partie de la chaîne de toucher celle qui enveloppe la circonférence, & on fait naître l'équilibre avec la chaîne & la verge SS qui répond à la roue P, par les compenſations de bras de levier que cauſent les ſpirales.

Sur la roue R eſt attachée une corde dont l'autre bout entoure la circonférence d'une roue V, de 2 pieds de diametre.

L'axe de la roue V eſt commun à une autre roue W d'un pied de diametre, à la circonférence de laquelle eſt attachée une corde qui paſſe ſur une poulie, & qui de-là va répondre à un poids qu'elle fait mouvoir dans une boîte X, attachée à l'extrémité du levier YX du quart de roue Y*aa*.

Y*aa*, eſt un quart de roue mobile ſur l'axe Y, ſur la circonférence duquel on a ménagé des poulies qui tournent entre des plâtines de fer, & qui ſervent à recevoir la corde qui ſe développe de deſſous la roue W.

Z, eſt un poids de plomb attaché à demeure, pour contrebalancer celui des chaînes, & leur faire garder un parfait équilibre en toute ſorte de ſituation.

On a attaché à l'axe O une roue de fer pour faire agir un balancier *b*, à l'aide de pluſieurs engrainemens, pour entretenir l'uniformité du mouvement de la machine.

A l'extrémité de la chaîne TT, il y a un ſceau de cuivre *c* contenant environ 20 pintes, ayant au fond une ſoupape à clapet, placée du côté gauche, avec un goulot de décharge placé vers le ſommet du côté droit.

D'autre part, au bas de la verge SS eſt attaché le plus grand ſceau *d* auſſi de cuivre, contenant environ 60 pintes; dans le fond de ce ſceau eſt encore une ſoupape qui s'ouvre par le moyen d'une détente qui vient rencontrer un pivot placé dans le puiſard C.

i, *i* ſont des barres de fer quarré, qui guident les ſceaux en montant & en deſcendant; ces ſceaux ayant des oreilles accompagnées de rouleaux de cuivre qui s'appliquent contre trois faces de chacunes des barres.

Explication du jeu de cette machine.

1201. Quand le petit ſceau deſcend, il vient rencontrer une détente 4, 5, qui répond à un levier 6, 7, dont le centre de mouvement eſt à l'extrémité 6; alors ce levier en baiſſant agit par l'autre extrémité 7, & fait ouvrir une ſoupape placée en B dans le fond du réſervoir, qui laiſſe à l'eau la liberté de couler dans un tuyau à 2 branches, dont l'une remplit le ſceau *c*, & l'autre, celui marqué *d*.

Quand le petit ſceau a reçu environ 18 pintes, l'eau commence à ſortir par le goulot que l'on a pratiqué vers le ſommet d'une de ſes faces, & eſt reçue dans le baſſin 4; de-là elle coule dans un tuyau qui paſſant ſous le réſervoir B, va ſe décharger dans le ſceau *d*, juſqu'à ce qu'il ſoit aſſez plein pour emporter l'autre par ſon poids. Auſſi-tôt que le petit ſceau commence à monter, ceſſant d'appuyer ſur la détente 4, 5, la ſoupape qui eſt en B au fond du réſervoir ſe re-

ferme, & l'eau qui peut être reſtée dans le baſſin 4 continuant de ſe rendre dans le ſceau *d*, contribue à en précipiter la deſcente.

Comme la grande roue Q, à laquelle répond la chaîne du petit ſceau, a 6 pieds de diametre, tandis que celui de la petite P, qui porte le grand ſceau, n'eſt que de 2 pieds, on voit que la chûte étant de 10 pieds, l'eau eſt élevée à 30.

Quand le petit ſceau eſt parvenu à la hauteur du plancher L, il éleve l'auge *f*, enſuite frappe avec ſa détente un pivot placé en *e*; alors la ſoupape de ce petit ſceau s'ouvre, & l'eau qu'il contient ſe décharge dans une cuvette placée à la hauteur *f*, de-là deſcend par un tuyau *g*, *g* pour ſe rendre dans le lieu où l'on en a beſoin.

Dans le même inſtant que le petit ſceau fait cette manœuvre, il arrive que le fond du grand, venant rencontrer un pivot placé au bas de la chûte, ſa ſoupape s'ouvre, l'eau qu'il contient ſe vuide dans le puiſard C, & de-là ſe décharge par le canal D; après quoi les deux ſceaux ſe trouvant vuides, la peſanteur propre du petit emporte celle du grand. Alors le premier deſcend, & le ſecond monte pour remplir de nouveau & recommencer la même manœuvre.

Si l'on a fait les circonférences P & Q en ſpirale, c'eſt afin que le poids des chaînes ſoit toujours en équilibre, tandis que l'une & l'autre ſe roulent & ſe déroulent alternativement. Mais ce qui contribue le plus à entretenir cet équilibre, c'eſt particulierement le quart de roue *aa*, joint à l'effet du levier X avec ſon poids Z qui agit dans toute ſa force ſur la roue Q, quand le levier ſe rencontre dans la ſituation horiſontale, ce qui arrive lorſque la chaîne T eſt déroulée. Car il eſt bon d'obſerver qu'à meſure que cette chaîne ſe roule, le levier YX approche en deſcendant de la ſituation verticale; ainſi le poids de la chaîne TT diminuant d'une part, l'action du poids X diminue de l'autre, juſqu'au moment où le poids Z ceſſe d'agir ſur la roue R; ce qui ſe rencontre quand le poids X eſt au bas de ſa boîte où il eſt entraîné par l'action de ſa peſanteur, qui devient toujours plus grande à meſure que le plan ſur laquelle il repoſe eſt plus incliné. Ainſi, par ce moyen, la corde à laquelle eſt attaché ce poids eſt toujours bandée.

Quand le petit ſceau commence à deſcendre, le poids mobile X remonte le long de ſon plan, avant qu'aucun mouvement ſoit communiqué au levier YX (que l'on ſuppoſe pendant); mais à meſure que la chaîne T ſe déroule de deſſus la roue Q, ſon poids augmentant, tandis que celui de l'autre chaîne S diminue en ſe

roulant sur la roue P, il arrive que le levier YX approchant de plus en plus de la situation horisontale, le poids Z agit de nouveau sur la roue R, pour en retarder la vîtesse, & entretenir l'équilibre nécessaire, afin que le petit sceau ne descende point avec trop de précipitation.

A l'égard du balancier *b*, il contribue beaucoup à regler le mouvement de la machine pour l'entretenir uniforme; & comme il continue à tourner après que les sceaux sont parvenus à leurs termes, soit qu'ils montent ou qu'ils descendent, ils se trouvent par là entretenus fermes & immobiles, tandis qu'ils se vuident & se rempliſſent, sans qu'ils puiſſent recevoir de contre-coup, ni rebondir après leur chûte.

Quand cette machine va le plus lentement, elle n'éleve qu'un sceau, ou environ 18 pintes d'eau en cinq minutes; mais cette quantité augmente à mesure que la source est plus abondante. Au reste, on pourroit faire une machine semblable à celle-ci, qui éleveroit un muid d'eau par minute, & même davantage si la source en étoit capable.

Conclusion sur ce qui regarde cette machine.

1202. Cette machine, qui est construite à *Chicley* dans le Comté de *Buckingham*, fournit aux besoins de la maison & des jardins du Chevalier *Jean Chester*, Chevalier *Baronnet*. Tous les Artistes qui l'ont vue avouent qu'elle est parfaite dans son genre; elle a été approuvée avec éloge par le célebre *Newton* & par M. *Fleuri Beigthon*, qui en a fait la description.

Quoique la rectification de cette machine soit attribuée à M. *Bucket*, il paroît par un certificat de M. le Chevalier *Chester*, qu'elle a été construite chez lui par un nommé *Georges Gerves*, qui en a dédié le dessein gravé à Messieurs de la Société Royale, ce qui feroit croire qu'il a beaucoup contribué à la rendre aussi parfaite qu'elle l'est présentement.

Après avoir donné la description des plus belles machines dont on peut faire usage, pour élever l'eau d'une source ou d'une riviere dans une cuvette, il nous reste à prescrire des regles pour la conduite de cette cuvette, par des tuyaux, aux différens endroits où elle doit être distribuée, afin que le diametre de ces tuyaux soit proportionné à la quantité d'eau qui doit y couler, relativement à la vîtesse qu'elle aura, & à la longueur du chemin qu'elle doit parcourir; c'est ce que nous allons faire dans le chapitre suivant.

CHAPITRE

Dessein d'un Robinet de Chasse et de fuite.

Fig. 1re.

Développemens d'une Nouvelle Machine, pour élever l'eau d'une Chute au dessus de sa Source

Élevation de cette Machine

Petit corps de Pompe

Tuyau de Jonction

Gros corps de Pompe

Fig. 4e.

Tuyau de Communication

Fig. 2e.

Profil de cette Machine coupée sur sa longueur

Piston à deux testes

Fig. 5e.

Tuyau de Communication

Disposition generale de la Machine développée sur cette planche

Fig. 3e.

Representation interieure de la même Machine, vue horisontalement

Fig. 6e.

Echelle de cinq pieds

Fig. 1.re

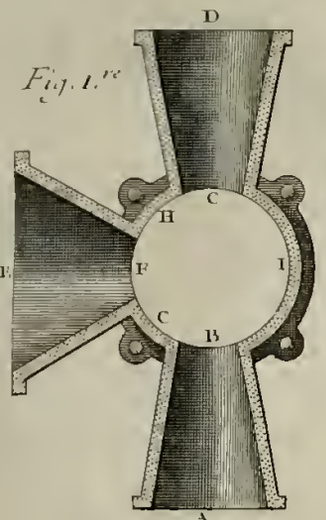


Fig. 2.

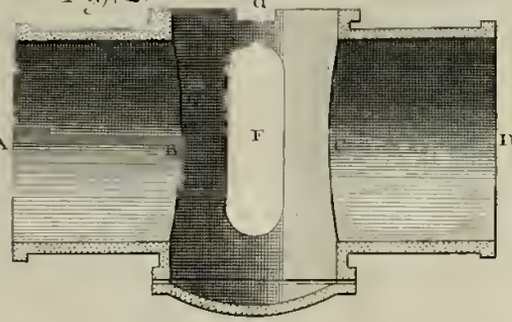


Fig. 3.

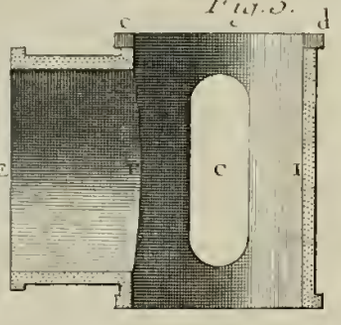


Fig. 4.

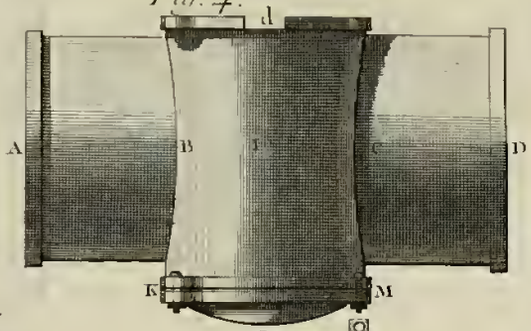
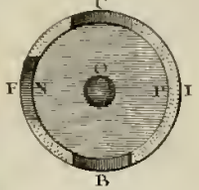


Fig. 5.e



Développemens des parties du Robinet

Fig. 6.

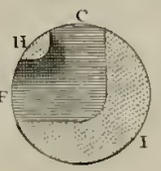


Fig. 7.

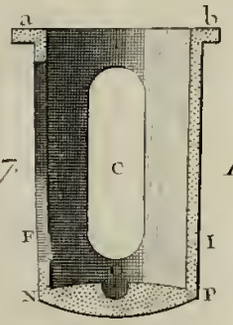


Fig. 8.

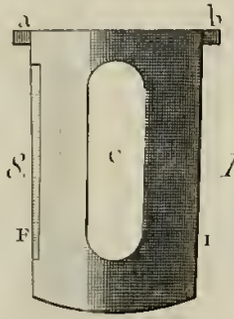


Fig. 9.

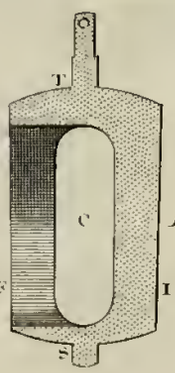


Fig. 10.

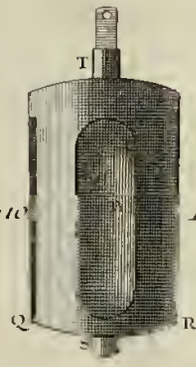


Fig. 11.

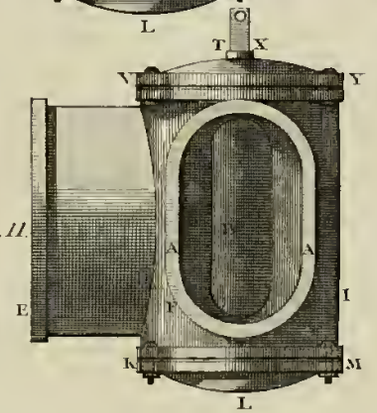


Fig. 12.e

Fig. 13.

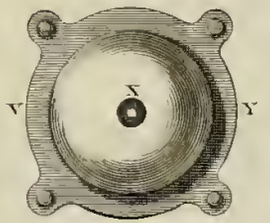


Fig. 14.

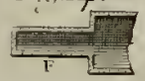


Fig. 15.

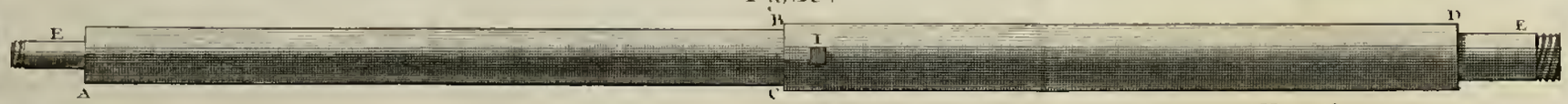
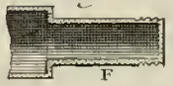


Fig. 16.



Développemens des parties du Piston

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20.

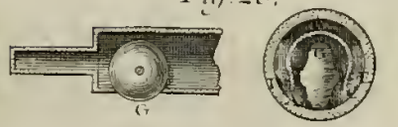


Fig. 21.

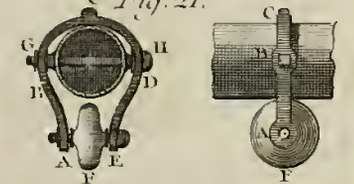


Fig. 22.

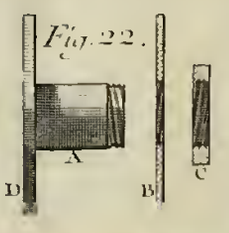


Fig. 23.

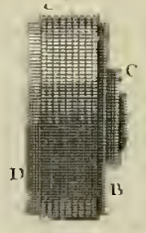


Fig. 24.

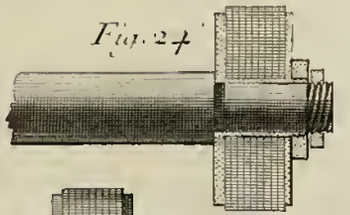
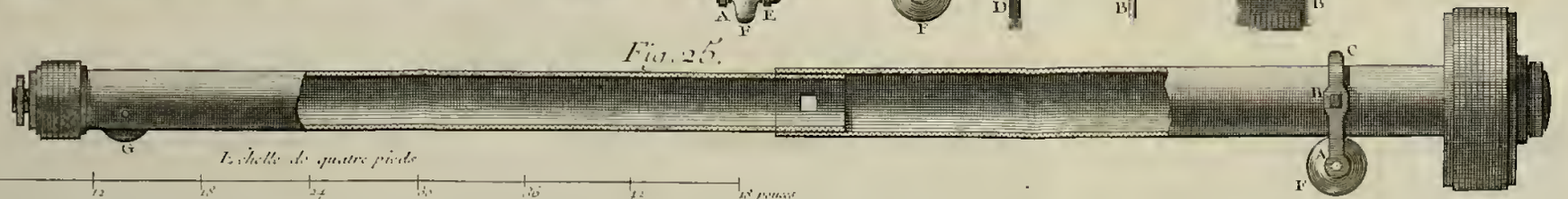


Fig. 25.



Devolopemens de la même Machine pour montrer le mouvement du Robinet de chasse & de fuite

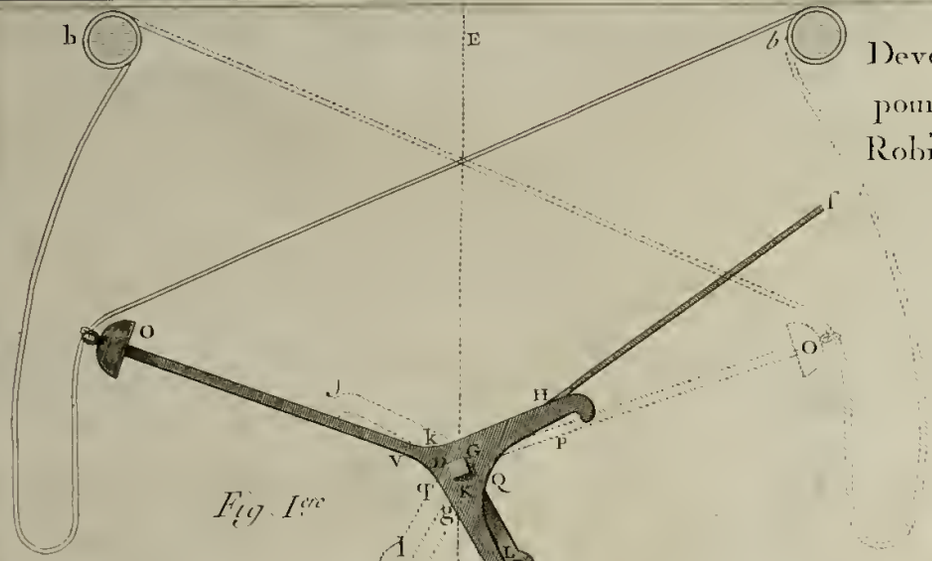


Fig. 1.re

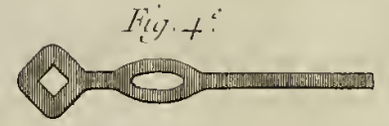


Fig. 4.e

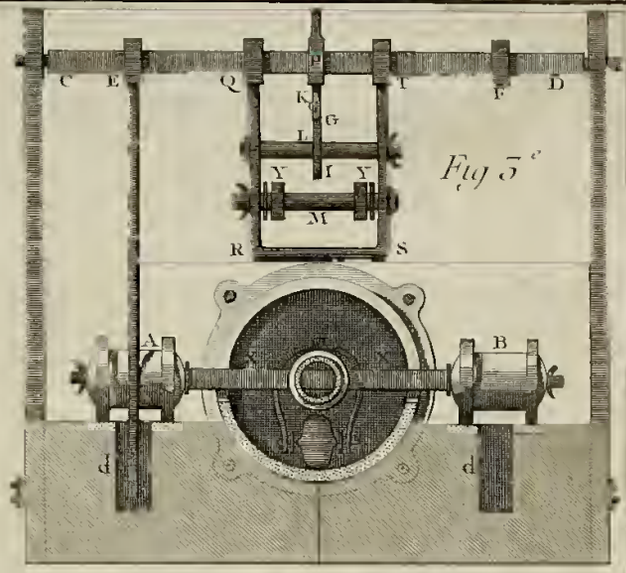


Fig 3.e

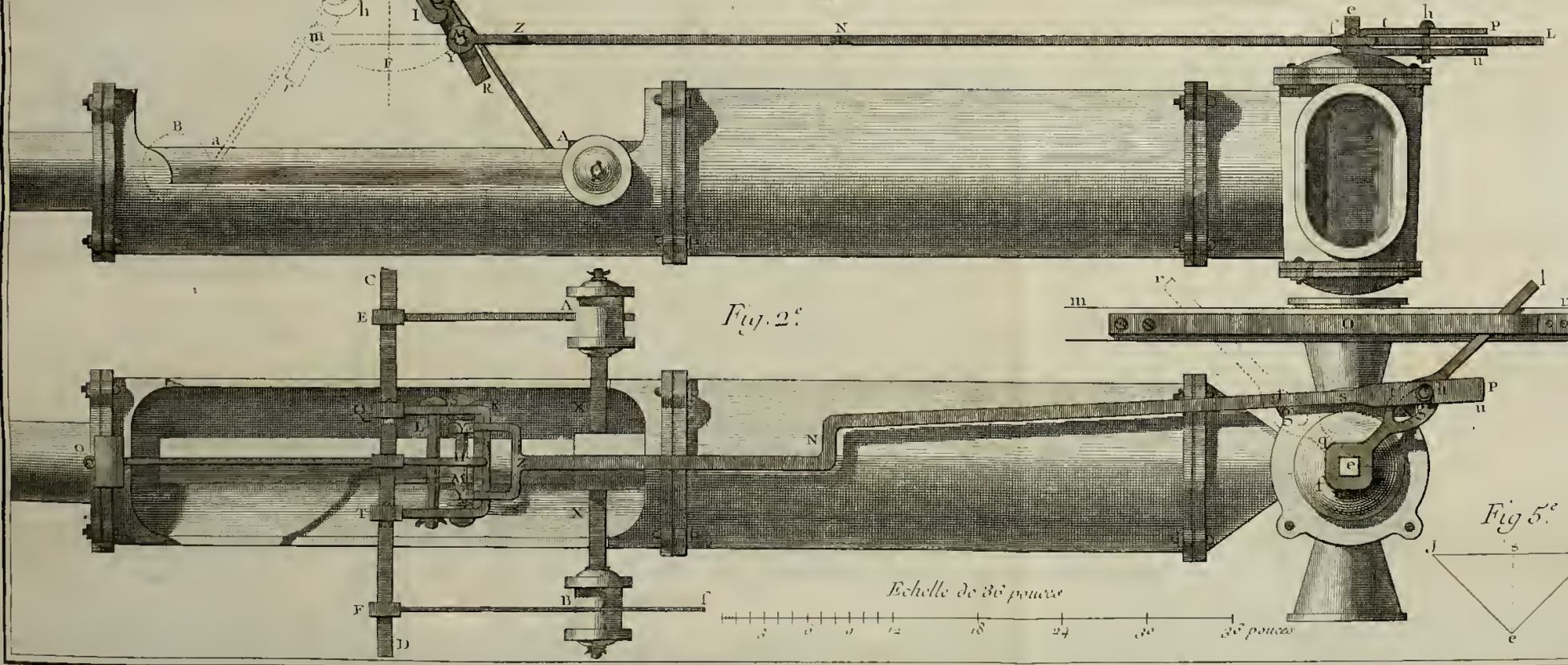
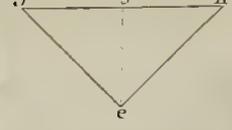
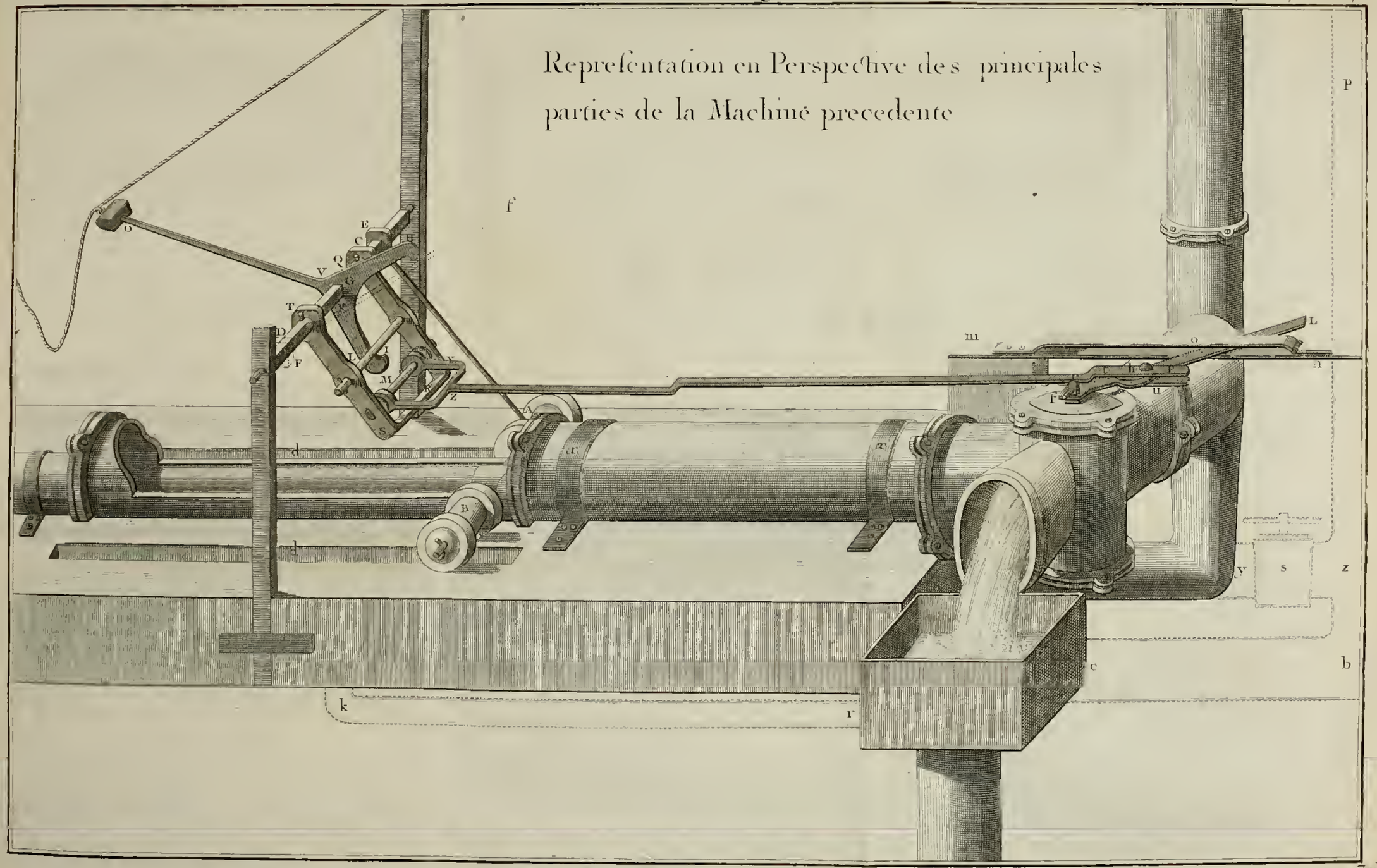


Fig. 2.e

Fig 5.e



Representation en Perspective des principales parties de la Machine precedente



Desseins d'une Machine avec la quelle toute l'eau d'une Source peut s'elever elle même au dessus de son niveau.

Fig. 2.e

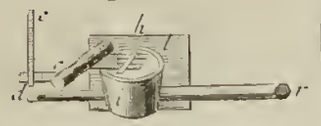


Fig. 1.ere

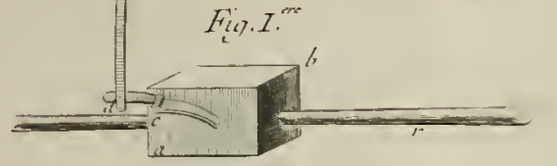


Fig. 3.e

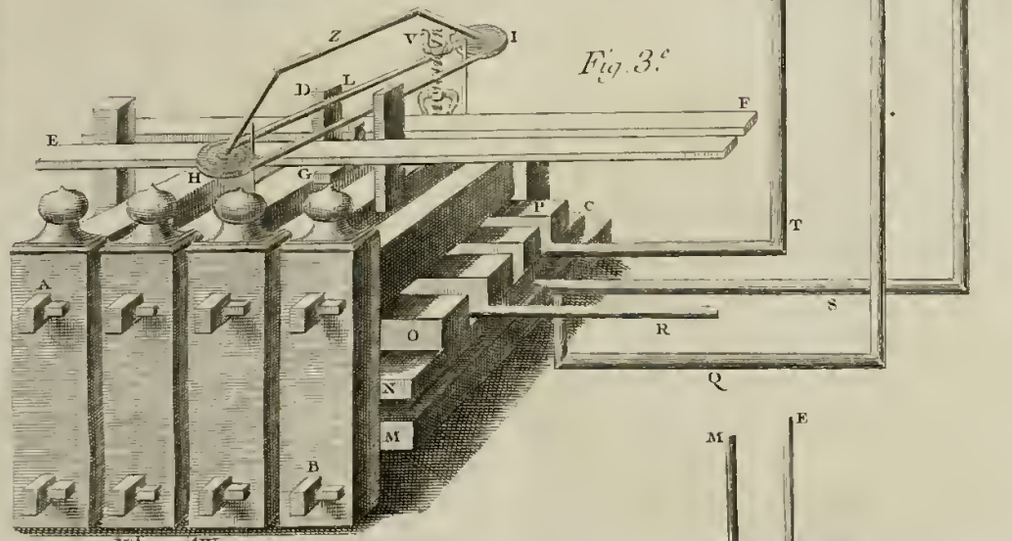


Fig. 4.e

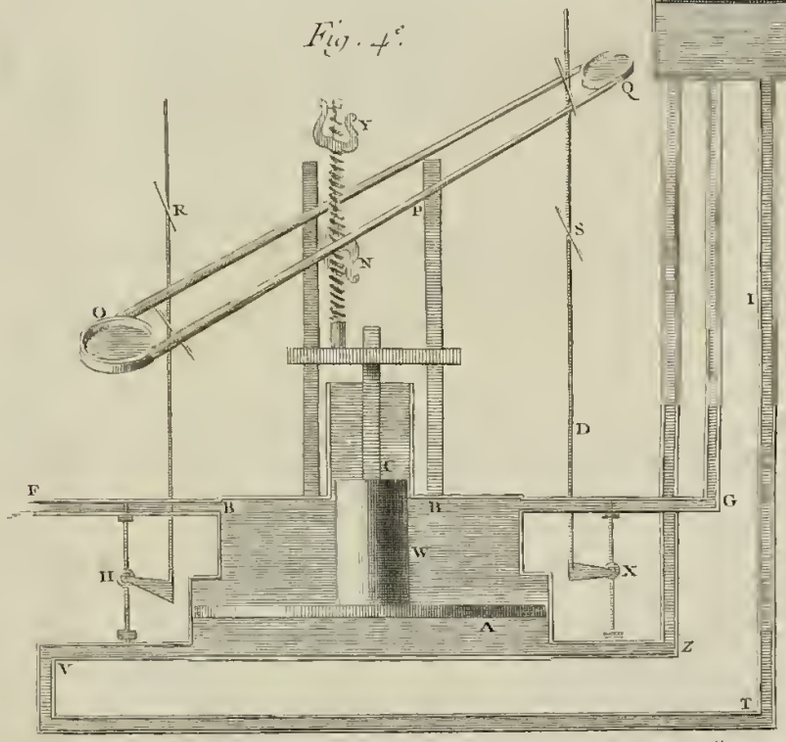
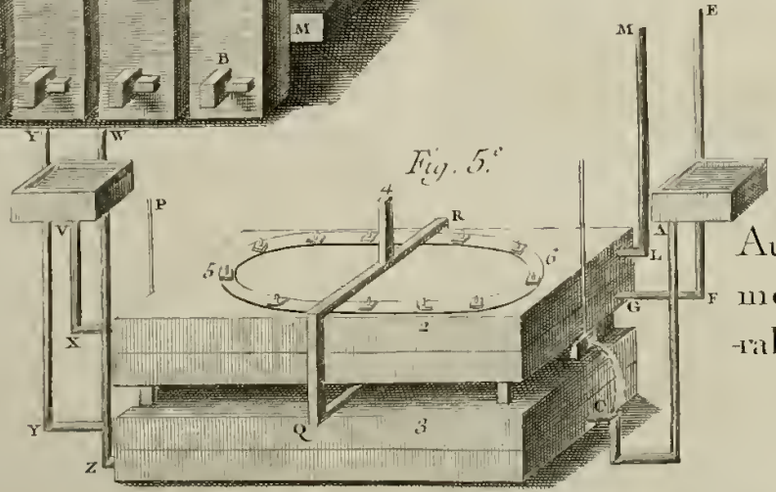
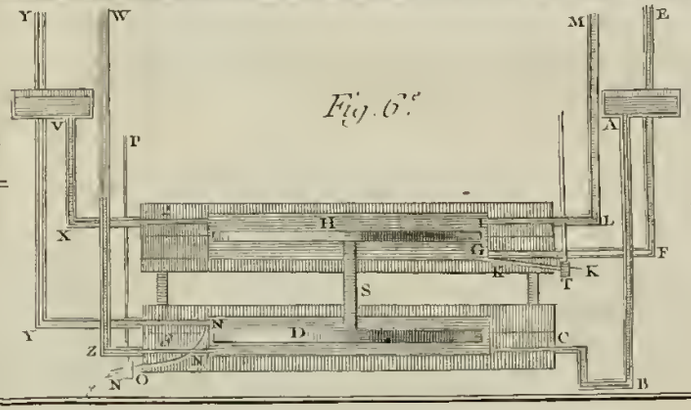


Fig. 5.e



Autres desseins de la même machine préférables aux précédens

Fig. 6.e



Dessein d'un double Chapelet, pour élever l'Eau au dessus du Niveau d'une Source.

Fig. 1re

Godet du grand Chapelet

Fig. 2e

Godet du petit Chapelet

Dessein d'une Machine exécutée en Angleterre pour élever l'eau par le moyen d'une Chûte

Fig. 5e

Fig. 4e

Fig. 3e

CHAPITRE II.

De l'action de l'eau dans les tuyaux de conduite.

1203. ON ſait que l'eau renfermée dans un tuyau recourbé, comme un *ſyphon*, dont une des *branches* répond à une ſource ou réſervoir, remonte dans l'autre branche au même niveau, où elle reſte tranquille, à moins qu'une force ſupérieure à l'action de la colonne qui la ſoutient, ne lui imprime de la vîteſſe & ne la contraigne de ſe décharger dans une cuvette deſtinée à la recevoir. Si l'on veut que cette force vienne de la part de l'eau contenue dans la premiere branche, il faut néceſſairement faire la ſeconde moins élevée, & d'autant moins que l'on voudra qu'elle fourniſſe une plus grande quantité d'eau, laquelle ſera toujours relative à la groſſeur du tuyau & à la vîteſſe qu'elle aura à ſa ſortie.

L'eau qui eſt conduite dans un ſyphon ne peut entrer par une branche & ſortir par l'autre, que l'orifice de la premiere ne ſoit plus élevé que celui de la ſeconde.

Il ſuit que lorſqu'on voudra faire remonter dans un tuyau une certaine quantité d'eau déterminée, il faut, ſi le diametre du tuyau eſt donné, que l'eau y coule avec une vîteſſe capable du produit que l'on demande, & qu'il y ait un certain rapport entre les hauteurs des branches du ſyphon.

1204. Il y a donc trois choſes à conſidérer pour faire remonter l'eau par des tuyaux. La premiere, la quantité que l'on en veut avoir. La ſeconde, la ſuperficie du cercle du tuyau; & la troiſieme, la vîteſſe de l'eau. Or comme la ſuperficie du cercle du tuyau multipliée par le chemin que fera l'eau pendant une minute, ſera égale à ſa dépenſe dans le même tems; on peut avec ces trois grandeurs former une équation, par le moyen de laquelle connoiſſant deux de ces grandeurs, on aura la troiſieme.

A quoi il faut avoir égard quand on veut conduire l'eau par des tuyaux.

1205. Nommant d, le diametre du tuyau en pouces; m, la dépenſe par minutes; u, la vîteſſe de l'eau à la ſortie du tuyau; on aura $\frac{dd}{144}$ pour le rapport du quarré du diametre à une ſuperficie d'un pied quarré, qui donnera celle du cercle, en diſant, comme 14 eſt à 11, ainſi $\frac{dd}{144}$ eſt à un quatrieme terme, qui ſera exprimé par $\frac{11dd}{2016}$, ou à-peu-près par $\frac{dd}{183}$, qui étant multiplié par u, donne $\frac{dd}{183} \times u = m$. Ce qui montre que *pour avoir par minutes la dépenſe exprimée en pieds cubes, d'un tuyau de conduite dont on connoît le dia-*

Formule pour connoître la dépenſe d'un tuyau dont on a le diametre & la vîteſſe de l'eau.

metre & la vîteſſe de l'eau, il faut multiplier le quarré du diametre par la vîteſſe de l'eau, & diviſer le produit par le nombre conſtant 183; *le quotient donnera la quantité d'eau que l'on demande.*

Connoiſſant le diametre & la dépenſe d'un tuyau, trouver la vîteſſe de l'eau; enſuite connoiſſant la dépenſe & la vîteſſe de l'eau, trouver le diametre du tuyau.

1206. Comme on tire auſſi de cette équation $u = \frac{183 \times m}{dd}$, il ſuit que lorſqu'on connoîtra *le diametre* du tuyau, & ſa *dépenſe* eſtimée en *pieds* cubes, on aura la *vîteſſe* de l'eau par minutes, *en multipliant la dépenſe par le nombre* 183, *& en diviſant le produit par le quarré du diametre.*

Comme on tire encore de la même équation $d = \frac{\sqrt{183 \times m}}{u}$, il ſuit que pour avoir le *diametre* du tuyau, en connoiſſant *ſa dépenſe* exprimée en pieds cubes, & la *vîteſſe* de l'eau par minutes, *il faut multiplier la dépenſe par le nombre* 183, *diviſer le produit par la vîteſſe, & extraire la racine quarrée du quotient, qui donnera le diametre que l'on cherche.*

Explication de la figure relative à la théorie ſuivante.

PLAN. I. FIG. I.

1207. Pour connoître le rapport qu'il doit y avoir entre les hauteurs des tuyaux de *chaſſe* & de *fuite*, relativement à la vîteſſe qu'on veut donner à l'eau, nous ſuppoſerons que AB repréſente une cuvette, recevant ſans ceſſe l'eau d'une ſource ou d'une machine. Au fond de cette cuvette eſt un tuyau de chaſſe FD, dont l'orifice CD eſt proportionné à la quantité d'eau que la ſource fournit, de maniere qu'il ſoit toujours plein, malgré la dépenſe qui s'en fera à ſa ſortie EP, qui aboutit à un tuyau horiſontal EN de même groſſeur, répondant à une branche de fuite GKN, qui conduit l'eau de la ſource dans une cuvette ou réſervoir LM. Il s'agit de ſavoir quelle ſera la hauteur GQ de ce tuyau, par rapport à la chûte VDE, pour qu'il ſorte de l'orifice R une quantité d'eau égale à celle que l'on veut tirer de la ſource.

Formule pour déterminer le rapport qu'il doit y avoir entre les branches de chaſſe & de fuite, relativement à la dépenſe du tuyau.

1208. Selon ce qui a été dit dans les articles 899, 900, 901, qu'il convient de relire pour plus d'intelligence, il faut que la colonne GQKS ſoit pouſſée de bas en haut par l'eau de la communication FS, avec la vîteſſe qu'elle doit avoir à la ſortie de l'orifice R, & que la hauteur GQ de cette colonne ſoit égale à la chûte capable de la vîteſſe *reſpective* de l'eau de la *chûte* VDE; puiſqu'il eſt indifférent que l'eau de la communication pouſſe un piſton de bas en haut, ou qu'elle agiſſe immédiatement ſur la colonne dont elle doit ſurmonter la réſiſtance. C'eſt pourquoi tout ce que nous avons dit dans les mêmes articles, peut s'appliquer au ſujet dont il s'agit préſentement. Ainſi nommant a, la chûte VDE; b, celle qui eſt relative à la vîteſſe de l'eau qui doit ſortir par l'orifice R, c, la hauteur GQ où l'on veut élever l'eau, ou la chûte capable de

la vîteſſe *reſpective* ; (901) on aura, en prenant les *racines des chûtes pour les vîteſſes qui leur répondent*, $\sqrt{a}=\sqrt{b}+\sqrt{c}$ (433), qui eſt la même formule que dans l'article 899, par le moyen de laquelle on trouvera telles des trois grandeurs a, b, c que l'on voudra, en connoiſſant les deux autres. Par exemple, comme l'on en tire $\sqrt{a}-\sqrt{b}=\sqrt{c}$, qui étant quarré, donne $a+b-2\sqrt{ab}=c$; on voit que *pour avoir la hauteur GQ de la branche de fuite, il faut ajouter la hauteur VDE (a) de la ſource, à la chûte capable de la vîteſſe de l'eau (b) à la ſortie de l'orifice R, & ſouſtraire de la ſomme de ces deux chûtes, le double de la moyenne proportionnelle, priſe entre les mêmes chûtes ; la différence donnera la hauteur où l'eau de la ſource peut être élevée.*

PLAN. I FIG. I.

1209. Si l'on connoiſſoit les hauteurs VDE, QG des tuyaux de *chaſſe* & de *fuite*, & que l'on voulût connoître la *depenſe* par minute de l'orifice R, conſiderez que l'on tire de la premiere équation $\sqrt{a}-\sqrt{c}=\sqrt{b}$, ou $a+c-2\sqrt{ac}=b$; ce qui montre *qu'il faut ajouter enſemble les hauteurs des tuyaux de chaſſe & de fuite, ſouſtraire de la ſomme le double de la moyenne proportionnelle, priſe entre les mêmes hauteurs ; la différence donnera la chûte capable de la vîteſſe qu'aura l'eau par ſeconde, à la ſortie de l'orifice R.* Si l'on multiplie cette vîteſſe par la ſuperficie de *l'orifice*, & le produit par 60, on aura la dépenſe que l'on demande.

Connoiſſant la hauteur des branches de chaſſe & de fuite, trouver la viteſſe de l'eau que dépenſera cette derniere.

1210. Enfin ſi l'on vouloit élever l'eau à une certaine hauteur déterminée GQ, pour ſe décharger par l'orifice R, avec une vîteſſe auſſi déterminée, & qu'on voulut connoître la hauteur de la *chûte* VDE, capable de la faire remonter avec les deux conditions propoſées ; conſiderez que l'on tire encore de la premiere équation $a=b+c+2\sqrt{bc}$, qui montre que *pour avoir la hauteur du tuyau de chaſſe, il faut chercher d'abord la chûte capable de la vîteſſe de l'eau à la ſortie de l'orifice R, l'ajouter à la hauteur GQ du tuyau de fuite, & joindre à la ſomme le double de la moyenne proportionnelle, priſe entre les deux grandeurs ajoutées.*

Connoiſſant la viteſſe de l'eau à la ſortie de la branche de fuite, & la hauteur de cette branche, trouver celle de la branche de chaſſe.

1211. Comme on ne peut augmenter la vîteſſe de l'eau qui doit ſortir par l'orifice R, ſans diminuer la hauteur GQ du tuyau de *fuite*, ni augmenter la hauteur de ce tuyau, ſans diminuer la vîteſſe de l'eau qui doit en ſortir, lorſque la chûte VDE demeure conſtante : on conçoit naturellement que la branche de fuite doit avoir une certaine hauteur, par rapport à la branche de chaſſe, pour que l'eau monte le plus haut qu'il eſt poſſible, & qu'elle vienne ſe rendre en même tems avec le plus de vîteſſe qu'il eſt poſſible dans

Les hauteurs des branches de chaſſe & de fuite doivent avoir entr'elles un certain rapport déterminé, pour que le tuyau de conduite éleve

le plus d'eau à la plus grande hauteur.

la cuvette LM, afin que le plus grand produit réponde à la plus grande élevation.

1212. Pour déterminer le *maximum*, nous nommerons encore a la hauteur VDE du tuyau de chaſſe, & x la hauteur GQ du tuyau de fuite; ainſi la vîteſſe entiere de l'eau de la chûte ſera $\sqrt{a}$, & la vîteſſe reſpective $\sqrt{x}$, puiſqu'elle eſt celle dont la hauteur QG peut être capable. La vîteſſe de l'eau qui doit monter dans la branche de fuite, ſera $\sqrt{a}-\sqrt{x}$, qui étant multiplié par x, quarré de la vîteſſe reſpective, qui exprime la réſiſtance de la colonne qu'on veut élever; on aura $\sqrt{axx}-\sqrt{x^3}$, ou $a^{\frac{1}{2}}x-x^{\frac{3}{2}}$, pour la quantité de mouvement de la colonne de fuite, dont prenant la différentielle, pour l'égaler à zéro, comme à l'ordinaire, il vient $a^{\frac{1}{2}}dx-\frac{3}{2}x^{\frac{1}{2}}dx$, ou $a^{\frac{1}{2}}=\frac{3}{2}x^{\frac{1}{2}}$, dont le quarré donne $a=\frac{9}{4}x$, ou $\frac{4}{9}a=x$; ce qui montre que *pour que la plus grande dépenſe réponde à la plus haute élevation, il faut que la branche de fuite n'aye pour hauteur que les quatre neuviemes de celle de chaſſe.*

PLAN. 1. FIG. 1.

Pour que la plus grande hauteur réponde à la plus grande dépenſe, il faut que la hauteur de la branche de fuite ne ſoit que les quatre neuviemes de celle de chaſſe.

Quand la plus grande hauteur répond à la plus grande dépenſe cette dépenſe n'eſt que le tiers de celle de la ſource.

1213. Si l'on extrait la racine quarrée de $\frac{4}{9}a=x$, il vient $\frac{2}{3}\sqrt{a}=\sqrt{x}$, qui montre que la *vîteſſe reſpective ſera les deux tiers de la vîteſſe entiere dont la chûte VDE peut être capable*; par conſéquent que la plus grande vîteſſe de l'eau à la ſortie de l'orifice R, n'en ſera que le tiers.

Connoiſſant la dépenſe d'une ſource, la chûte & le diametre du tuyau de conduite, ſçavoir à quelle hauteur toute l'eau peut être élevée.

1214. Voulant appliquer à des exemples ſenſibles les regles que nous venons d'établir, nous ſuppoſerons dans le premier cas, que l'on a une chûte de 40 pieds, au ſommet de laquelle eſt une ſource qui fournit 20 pouces d'eau, que l'on veut conduire par un tuyau de 4 pouces de diametre, à la plus grande hauteur qu'il eſt poſſible, au-deſſus du niveau du pied de la chûte.

Pour cet effet on réduira en pieds cubes la dépenſe dont il s'agit, en multipliant les 20 pouces d'eau par 28 livres, (342) diviſant le produit par 70 livres, il viendra 8 pieds cubes. Il faut enſuite, ſelon l'article 1205, chercher la vîteſſe que doit avoir l'eau dans le tuyau de conduite, en multipliant les 8 pieds cubes par 183, & en diviſant le produit par 16, quarré du diametre du tuyau, il viendra 91 pieds 6 pouces pour la vîteſſe de l'eau par minutes, qu'il faut diviſer par 60, afin de l'avoir par ſecondes, qu'on trouvera d'un pied 6 pouces 3 lignes.

Préſentement, il faut, en ſe ſervant des tables du premier volume, chercher la vîteſſe relative à la chûte, & en retrancher celle de l'eau dans le tuyau; la chûte capable de la différence de ces deux vîteſſes, déterminera la hauteur où l'eau peut être élevée,

pour y dépenſer ce que fournit la ſource. Ainſi, en ſuivant l'article 471, on trouvera qu'une chûte de 40 pieds eſt capable d'une vîteſſe de 49 pieds par ſeconde, d'où retranchant celle de l'eau, que nous venons de trouver d'un pied 6 pouces 3 lignes, la différence ſera 47 pieds 5 pouces 9 lignes pour la vîteſſe reſpective, dont la chûte eſt de 37 pieds 7 pouces (472), qui eſt la hauteur où l'eau pourroit remonter, ſi ſa vîteſſe n'étoit point retardée par les coudes & les frottemens des parois du tuyau. C'eſt pourquoi il faut dans la pratique donner à la branche de fuite moins de hauteur qu'on en trouvera par le calcul, & d'autant moins que la conduite ſera plus longue, & qu'elle aura un plus grand nombre de coudes, ce qui ne peut gueres ſe déterminer que par l'expérience; mais je ferai abſtraction de ces obſtacles dans les autres exemples que je vais rapporter.

Connoiſſant la hauteur où l'eau doit être élevée, & ſa vîteſſe à la ſortie de la branche de fuite, on demande la hauteur de la branche de chaſſe.

1215. Si la hauteur où l'on veut élever l'eau étoit donnée, auſſi-bien que la vîteſſe avec laquelle elle doit couler dans les tuyaux de conduite, & qu'on voulût connoître la hauteur du tuyau de chaſſe, pour que toute l'eau puiſſe remonter naturellement dans la cuvette avec la vîteſſe donnée; *il faudroit ajouter cette vîteſſe à celle dont peut être capable une chûte égale à la hauteur où l'on veut élever l'eau, & chercher la chûte relative à la ſomme de ces deux vîteſſes; elle déterminera la hauteur d'où l'eau doit partir pour arriver au terme propoſé* (901).

Par exemple, on veut élever l'eau à une hauteur de 37 pieds 7 pouces, par le moyen d'un tuyau dans lequel elle doit couler avec une vîteſſe d'un pied 6 pouces 3 lignes; il faut ajouter cette vîteſſe à celle dont eſt capable une chûte de 37 pieds 7 pouces, qui eſt de 47 pieds 6 pouces 9 lignes; on trouvera 49 pieds pour la ſomme de ces deux vîteſſes, laquelle répond à une chûte de 40 pieds, qui eſt la hauteur que l'on cherche.

Les branches de chaſſe & de fuite étant données, & le diametre du tuyau de conduite, on demande quelle pourroit être la dépenſe de ce tuyau.

1216. Lorſque la hauteur des tuyaux de chaſſe & de fuite eſt déterminée, de même que la groſſeur du tuyau de conduite, pour connoître la vîteſſe de l'eau qui doit y couler, par conſéquent ſa dépenſe, *il faut chercher les viteſſes relatives à la chûte & à la hauteur où l'on veut élever l'eau, la différence de ces deux viteſſes ſera celle qu'aura l'eau, qu'on n'aura plus qu'à multiplier par la ſuperficie du cercle du tuyau.*

Par exemple, on a une chûte de 80 pieds, répondant à un tuyau de conduite de 6 pouces de diametre; on veut élever l'eau à 70 pieds de hauteur au-deſſus du pied de la chûte: on demande laquantité d'eau que la cuvette recevra par minutes? Il faut cher-

cher les vîteſſes relatives aux chûtes de 80 & de 70 pieds, qu'on trouvera de 69 pieds 3 pouces 4 lignes, & de 64 pieds 5 pouces 8 lignes, dont la différence donne 4 pieds 5 pouces 8 lignes par ſecondes, pour la vîteſſe que l'on cherche, leſquels étant multipliés par 36, quarré du diametre, & le produit diviſé par le nombre conſtant 183, donnent $\frac{161}{183}$ pieds cubes pour la dépenſe par ſecondes, qui étant multipliés par 60, il vient 52 $\frac{4}{5}$ pieds cubes, ou 6 $\frac{3}{5}$ muids pour cette dépenſe par minutes, en ſuppoſant que la ſource en ſoit capable.

Connoiſſant la hauteur des branches de chaſſe & de fuite, & la dépenſe de la ſource, on demande quel doit être le diametre du tuyau de conduite, pour qu'il ſoit capable de la dépenſe donnée.

1217. De même connoiſſant la chûte, la hauteur où l'on veut élever l'eau & la dépenſe de la ſource, on demande quel doit être le diametre du tuyau, pour que la groſſeur de ce tuyau ſoit proportionnée à la dépenſe? *Il faut chercher les vîteſſes relatives à la chûte & à la hauteur du tuyau de fuite, ſouſtraire l'une de l'autre pour avoir celle de l'eau, enſuite multiplier la dépenſe réduite en pieds cubes par le nombre conſtant 183, & diviſer le produit par la vîteſſe de l'eau; la racine quarrée du quotient donnera le diametre que l'on demande.* (1206) Par exemple, ſi l'on ſuppoſe que la hauteur de la chûte & celle du tuyau de fuite ſoient les mêmes que dans le cas précédent, la vîteſſe de l'eau ſera de 4 pieds 5 pouces 8 lignes par ſecondes, ou de 268 pieds 4 pouces par minutes. Suppoſant auſſi que la dépenſe de la ſource ſoit de 52 $\frac{4}{5}$ pieds cubes par minutes, il faudra multiplier ce nombre par 183, & diviſer le produit par 268 $\frac{1}{3}$ pieds; le quotient donnera 36, dont la racine eſt de 6, pour le diametre du tuyau, ce qui eſt bien évident, puiſque nous nous ſommes ſervis des mêmes grandeurs que dans l'exemple précédent.

Attention qu'il faut avoir dans la pratique pour que les regles précédentes ayent lieu.

1218. Pour que les regles que nous venons d'établir puiſſent avoir lieu dans la pratique, il faut que le niveau de l'eau de la cuvette, ou du réſervoir, ſoit toujours entretenu à la même hauteur; que ſa ſurface au-deſſus de l'orifice du tuyau de chaſſe, ſoit aſſez élevée pour fournir à ce tuyau plus d'eau qu'il ne s'en peut dépenſer par l'orifice de fuite. C'eſt ce qui arrivera *lorſque la viteſſe de l'eau à ſa ſortie de la cuvette, multipliée par le quarré du diametre de la ſoupape qui répond au fond de la même cuvette, donnera un produit plus grand que celui de la vîteſſe de l'eau à ſa ſortie de la branche de fuite, par le quarré du diametre de ſon orifice;* car il faut que la branche de chaſſe ſoit toujours parfaitement pleine comme ſi l'eau y étoit dormante, afin qu'elle ſoit capable de l'impulſion de la chûte ſur laquelle on aura fait le calcul. (532)

Remarque ſur l'action de

1219. Il faut auſſi que la cuvette ſoit aſſez grande pour contenir une quantité d'eau capable de fournir ſans interruption à la dé-

penſe de la conduite, & prendre bien garde qu'il ne ſe forme dans l'eau un entonnoir au-deſſus de l'orifice de chaſſe, (527) parce qu'il pourroit arriver que l'eau ſe ſoutiendroit toujours au même niveau contre les parois de la cuvette, ſans que pour cela la branche de chaſſe fût parfaitement pleine, l'eau pouvant s'engorger à l'entrée du tuyau de chaſſe, ce qui feroit croire que ce tuyau eſt plein, quoiqu'il y ait un vuide vers le ſommet, qui diminuera la hauteur de la colonne de chaſſe. Il faudroit donc, pour éviter cet inconvénient, évaſer le tuyau de cette colonne vers le ſommet, & même le faire d'un diametre au-deſſus de ce qu'il devroit être, afin que la vîteſſe de l'eau en deſcendant ſoit la moindre qu'il eſt poſſible, pour qu'au pied de la chûte, ſa force abſolue ne ſoit point altérée. Au reſte il n'eſt guere poſſible, malgré ces attentions, que l'eau puiſſe jamais avoir à la ſortie d'un tuyau de chaſſe, la même force que ſi elle ſortoit par le fond d'un réſervoir fort ſpacieux de même hauteur que la chûte, & où l'eau n'auroit en deſcendant qu'une vîteſſe inſenſible. Car l'eau que dépenſe un tuyau vertical ne pouvant être remplacée par les côtés, puiſque la ſource eſt au ſommet, il faut néceſſairement qu'elle ait en deſcendant une vîteſſe égale à celle de l'eau qui coule dans la conduite ou, ſi l'on veut, qui ſort de l'orifice de fuite; ce qui eſt cauſe que l'eau vers le pied de la chûte, ſe dérobe, pour ainſi dire, à l'impreſſion de celle qui la chaſſe, dont elle ne peut recevoir qu'une pouſſée relative, parce qu'il ne regne point dans toute la hauteur du tuyau cette contiguité de parties d'eau qui ſe rencontre dans l'eau dormante, & qui fait le progrès de la pouſſée, de laquelle réſulte la force abſolue.

l'eau qui coule dans des tuyaux de conduite.

Il ſuit de ce raiſonnement, que plus l'eau qui coule dans une conduite, a de vîteſſe, plus la force abſolue de la colonne de chaſſe eſt altérée; or comme la cauſe ne peut être modifiée que ſes effets ne le ſoient auſſi, on peut conclure que les dépenſes que l'on trouvera par le calcul, ſurpaſſeront toujours celles que donnera l'expérience, indépendamment du déchet cauſé par le frottement de l'eau contre les parois du tuyau de conduite, qui doivent néceſſairement en diminuer la vîteſſe, par conſéquent la dépenſe.

1220. Pour faire concevoir l'idée que l'on doit avoir de la nature du frottement dont nous parlons, il faut conſidérer que les tuyaux n'étant point alaiſés, leurs parois comprennent une infinité de parties ſaillantes, dont les ſurfaces oppoſées à la direction de l'eau, font réjaillir celle qui vient les rencontrer, qui ſe trouvant renvoyée ſur ſes pas, s'oppoſe au courant de celle qui ſuit, & en modifie la vîteſſe. Ceci n'arrive ſenſiblement qu'aux parties de

Quelle eſt la nature des frottemens de l'eau dans les tuyaux de conduite.

l'eau qui approchent le plus de la ſurface du tuyau ; mais comme cette diminution de vîteſſe ſe communique, ſelon une certaine gradation, aux autres parties de l'eau qui répondent à l'axe du tuyau, *ce n'eſt donc plus que par une viteſſe moyenne entre la plus petite & la plus grande, c'eſt-à-dire, entre celle des parties de l'eau qui approchent le plus des parois du tuyau, & celle des parties qui répondent à l'axe, qu'on doit exprimer la viteſſe uniforme de l'eau modifiée par rapport à ſa viteſſe naturelle.*

Comme un petit tuyau de même longueur qu'un autre plus gros, a plus de ſurface à proportion du volume d'eau qu'il contient, que le gros tuyau n'a de ſurface par rapport auſſi au volume d'eau qu'il contient, réciproquement comme le diametre du ſecond tuyau eſt au diametre du premier, (492) *il ſuit que le rapport du déchet de l'eau du petit tuyau, à ſa dépenſe naturelle, doit être au rapport du déchet du gros tuyau à ſa dépenſe naturelle, réciproquement, comme le diametre du ſecond eſt au diametre du premier*, (493) toutes choſes d'ailleurs égales. Par conſéquent tout ce que nous avons dit de général ſur le frottement de l'eau, dans la huitieme ſection du troiſieme chapitre du premier livre, peut s'appliquer au calcul du déchet de l'eau qui coule dans des tuyaux de même longueur.

Les frottemens de l'eau dans les tuyaux, en retardent la viteſſe, ſelon l'ordre des termes d'une progreſſion arithmétique.

1221. La cauſe qui produit les frottemens dans un même tuyau, ſe trouvant continuellement répétée le long du chemin que l'eau doit parcourir, *on voit que ſa viteſſe doit aller en décroiſſant, ſelon l'ordre des termes d'une progreſſion arithmétique, dont le premier ſeroit exprimé par la viteſſe naturelle de l'eau, à ſon entrée dans le tuyau de conduite, (que je ſuppoſe rectiligne & horiſontal) & le dernier par la viteſſe effective à la ſortie du même tuyau.* Or ſi l'on ſuppoſe la longueur du tuyau diviſée en un grand nombre de parties égales, la vîteſſe de l'eau devant diminuer à meſure que ces parties ſe préſentent, cette diminution ſe fera dans l'ordre renverſé de l'augmentation du tuyau.

PLAN. 1. FIG. 2.

Selon ce raiſonnement, prenant la hauteur CD du trapeſe ABCD pour la longueur du tuyau, la baſe AD pour la vîteſſe naturelle de l'eau au pied de la chûte, & le côté BC pour ſa vîteſſe effective à la ſortie de l'orifice de fuite ; tous les élemens de ce trapeſe exprimeront les vîteſſes différentes qu'aura eue l'eau avant que d'arriver au point C, où étant parvenue, elle reſtera uniforme à la ſortie du tuyau, ainſi que dans toute ſa longueur.

Formule pour trouver la viteſſe retardée de l'eau dans les tuyaux de conduite.

1222. En ſuivant cette idée, il s'agit de ſçavoir quelle ſeroit la vîteſſe uniforme de l'eau, à la ſortie G, d'un autre tuyau dont la longueur DG ſeroit moindre que DC ; en ſuppoſant que les branches de chaſſe & de fuite, ſont les mêmes que dans le premier cas.

Pour

Pour cela nous nommerons L, la longueur DG du premier tuyau; *l*, celle d'un autre plus court, mais de même diametre; V, la vîteſſe naturelle AD de l'eau au pied de la chûte; *u*, la vîteſſe effective BC trouvée par une expérience.

Menant la parallele FG à la baſe AD, & la perpendiculaire BE, on aura CG ou BH = L — *l*, & AE = V — *u*; ainſi l'on poura tirer des triangles ſemblables, BEA, BHF, la proportion ſuivante. BE (L), EA (V — *u*) :: BH (L — *l*), HF = $\frac{\overline{V-u} \times \overline{L-l}}{L}$, qui donne FH = V — *u* + $\frac{ul-Vl}{L}$, à quoi ajoutant BC ou HG (*u*), il vient FG = V — *u* + *u* + $\frac{ul-Vl}{L}$, ou FG = V + $\frac{\overline{u-V} \times l}{L}$; ce qui montre que *pour avoir la vîteſſe qu'aura l'eau à la ſortie G du tuyau DG, il faut prendre la différence de ſa vîteſſe naturelle à la vîteſſe effective, multiplier cette différence par la longueur du tuyau le plus court, diviſer le produit par la longueur de l'autre, & ſouſtraire le quotient de la vîteſſe naturelle, le reſtant donnera la vîteſſe que l'on cherche.* FIG. 2.

1223. Il eſt bon de remarquer que dans le premier cas, le tuyau pourroit être d'une telle longueur, que l'eau ceſſeroit entierement de couler pendant un tems, après être arrivée à un certain point, parce que la progreſſion des vîteſſes allant en diminuant, il doit y avoir un terme qui ſe réduit à *zéro*, & qui ſe rencontrera au point N où vont ſe joindre les côtés prolongés AB, DC. Alors la longueur DN du tuyau (que nous nommerons *l*), exprimera celle qui répond à la plus petite vîteſſe; & comme les triangles ſemblables ABE, AND, donnent AE (V — *u*), EB (L) :: AD (V), DN = $\frac{LV}{V-u}$; *on trouvera la longueur du tuyau qui répond à la plus petite vîteſſe de l'eau, en multipliant celle du tuyau d'expérience DC par la vîteſſe naturelle de l'eau au pied de la chûte, & en diviſant le produit par la différence de la vîteſſe naturelle à la vîteſſe effective, trouvée par l'expérience.* FIG. 2.

Dans une conduite extrêmement longue, les frottemens pourroient altérer la viteſſe de l'eau juſqu'à la rendre nulle.

Si l'on vouloit connoître la vîteſſe KL d'un autre tuyau DL, (que nous nommerons encore *l*) plus grande que celle du tuyau d'expérience, & moindre que celle qui répond à la plus petite vîteſſe, conſidérez que les triangles ſemblables ABE, AKI donnent encore BE (L), AE (V — *u*) :: LD ou KI (*l*), AI = $\frac{\overline{V-u} \times l}{L}$; & comme l'on a AD (V) — AI = ID ou KL, on aura donc KL = V + $\frac{\overline{u-V} \times l}{L}$; *ce qui montre qu'il faut prendre la différence des deux*

PLAN. 1. FIG. 2.

vîteſſes extrêmes du tuyau d'expérience, la multiplier par la longueur donnée du tuyau, diviſer le produit par la longueur du tuyau d'expérience, & ſouſtraire le quotient de la vîteſſe naturelle, pour avoir la difference, qui ſera la vîteſſe que l'on cherche.

La vîteſſe de l'eau peut être encore beaucoup retardée par les coudes & les caſcades qui ſe rencontrent dans les conduites. Expériences de M. Couplet *ſur ce ſujet.*

1224. Si l'eau qui coule dans des tuyaux n'avoit point d'autres obſtacles à ſurmonter que ceux qui naiſſent de la part des frottemens, on pourroit, à l'aide de quelques expériences, déduire de ce qui précede, des regles aſſez exactes pour s'en ſervir dans la pratique; mais comme il arrive preſque toujours que les grandes conduites, au lieu d'aller en lignes droites, vont en zigzag & même en ondoyant ou par caſcades, à cauſe de la néceſſité de les aſſujettir à la diſpoſition du terrein, ce qui retarde beaucoup la vîteſſe de l'eau; ce n'eſt gueres qu'avec le ſecours d'un grand nombre d'expériences, faites dans les principaux cas, qu'on peut appliquer avec ſuccès la théorie à la pratique. C'eſt à quoi l'on peut eſpérer de parvenir, depuis que M. *Couplet* a donné dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, année 1732, un détail bien circonſtancié de toutes les opérations qu'il a faites autrefois avec M. ſon pere & M. *Villiard*, ſur la dépenſe des tuyaux de conduite qui amenent l'eau dans les réſervoirs de Verſailles, qui eſt peut-être le ſeul endroit du monde où l'on trouve tout ce que l'on peut déſirer, pour faire des expériences de la nature de celles dont nous parlons. J'avouerai que ſans le ſecours que j'ai tiré des obſervations de ces M^rs^. j'aurois été fort en peine de ſçavoir où puiſer les lumieres qui me manquoient, pour donner dans ce chapitre toutes les inſtructions dont peuvent avoir beſoin ceux qui font travailler à la conduite des eaux; mais ſi l'équité m'oblige à publier le mérite des expériences de M. *Couplet*, ce que l'on doit à la vérité, ne me permet pas de diſſimuler que les conſéquences qu'il en a tirées, ne ſont point juſtes, comme on en pourra juger après avoir lu l'article ſuivant.

Ceux qui ont écrit ſur le mouvement des eaux, ſe ſont trompés, en exprimant la viteſſe de celle qui devoit couler dans les tuyaux de conduite, par la racine quarrée de la hauteur de la charge.

1225. Ceux qui ont écrit juſqu'ici ſur le mouvemenr des eaux, ont prétendu que lorſqu'on avoit un ſyphon dont la branche de *chaſſe* CE répondoit à une cuvette AB, toujours entretenue pleine d'eau, la *vîteſſe* de celle qui ſortoit par la branche *de fuite* GK, *devoit être exprimée par la racine quarrée de l'excès VO, du niveau AX, au deſſus du ſommet QK de la branche de fuite*; dans la penſée que les deux colonnes TE, QS étant en équilibre, il n'y avoit que la ſeule TYVO, qu'ils ont nommée *charge*, qui cauſoit la dépenſe, laquelle, ſelon eux, devoit être la même que celle qui ſe feroit par le fond TO, s'il étoit détaché du ſyphon; c'eſt-à-dire, qu'en fai-

sant abſtraction de tout obſtacle, la vîteſſe de l'eau à la ſortie de la branche de fuite, *devoit être égale à celle qu'un corps peut acquérir en tombant de la hauteur VO de la charge*, au lieu que nous avons démontré dans l'article 1208, *que cette vîteſſe devoit être exprimée par la différence de celle dont les chûtes de chaſſe & de fuite pouvoient être capables*, parce que la colonne de chaſſe YE, agiſſant avec une force *relative égale au poids de la colonne de fuite QS, de même hauteur que TE, ſa quantité de mouvement eſt néceſſairement égale au produit de la vîteſſe de l'eau dans la conduite EN, & du quarré de ſa différence avec la vîteſſe correſpondante de la chûte VE.* Or comme la racine quarrée de cette chûte eſt moindre que la ſomme des racines de ſes parties VO & OE, par la raiſon que l'hypoténuſe d'un triangle rectangle eſt moindre que la ſomme des deux autres côtés, on voit encore un coup que la vîteſſe de l'eau à la ſortie de l'orifice R, ne peut être exprimée par la racine quarrée de la hauteur de la charge, qui ſera toujours beaucoup plus grande que la différence des racines des chûtes de chaſſe & de fuite.

PLAN. I. FIG. 1.

1226. Ces réflexions ayant échappé à M. *Couplet*, il a ſuivi la méthode qui ſeroit en uſage, c'eſt-à-dire, d'eſtimer la vîteſſe de l'eau *par les racines des charges*, & non par la différence de celles des chûtes, ce qui l'a jetté dans des erreurs conſidérables de calcul, lorſqu'il a voulu eſtimer la dépenſe *naturelle* des tuyaux ſur leſquels il a fait ſes expériences, pour la comparer avec la dépenſe *effective*. Mais les plus grands Géometres ſont ſujets à ſe tromper, lorſqu'il s'agit des matieres qui ont rapport à la phyſique, ſans qu'on puiſſe leur en faire un reproche légitime, ſur-tout lorſque l'erreur a été tranſmiſe par un nombre d'Auteurs célebres. A cela près le Mémoire de M. *Couplet* comprend d'excellentes choſes ſur la maniere de meſurer les eaux avec préciſion, comme on en va juger par l'extrait que voici, qui pourra faire naître de nouvelles lumieres à ceux qui ne ſont point à portée de lire cet ouvrage tel que l'Auteur l'a donné.

On mérite plus d'excuſe que de blâme, lorſqu'on ſe trompe ſur des ſujets qui ne ſont pas de pure géométrie & quand on ne fait que ſuivre ce qui a déja été établi par des Auteurs célebres.

1227. M. *Couplet* commence par remarquer que, quoique les loix du mouvement des eaux ayent fait l'objet des recherches de pluſieurs habiles Mathématiciens, le fruit qu'ils en ont tiré ſe réduit ſeulement à quelques regles ſur la hauteur & la dépenſe des jets, qui ne peuvent être d'un grand avantage dans la pratique, parce que leurs expériences n'ont été faites que ſur des conduites très-courtes, ou ſur des conduites terminées par des ajutages, dans leſquelles conduites l'eau n'a pas à beaucoup près les mêmes frottemens que dans les grandes, & d'où l'eau ſort à gueule bée, c'eſt-

Extrait du Mémoire de M. Couplet ſur la meſure des eaux.

à-dire, par un orifice égale au cercle du tuyau. Ainſi ils n'ont pu obſerver les différences conſidérables qui ſe rencontroient entre les quantités d'eau que l'expérience devoit donner, & celles que l'on trouvoit par leurs regles. A cette occaſion M. *Couplet* rapporte *qu'une conduite qui, ſuivant les mêmes regles, auroit dû fournir 61 pouces d'eau, n'en a fourni que 2 pouces 3 lignes, parce qu'elle étoit extrêmement longue, & qu'elle verſoit ſes eaux à gueule bée.*

Après cela, M. *Couplet* donne le détail du nivellement des cinq profils de conduite ſur leſquels il a fait ſes expériences avec M. ſon pere & M. *Villiard*; mais avant que d'entrer dans le détail des mêmes expériences, M. *Couplet* fait obſerver que la jauge des eaux ſe faiſant toujours extrêmement en petit, la moindre erreur dans l'expérience fondamentale devient conſidérable, parce qu'elle ſe trouve répétée dans le calcul total; c'eſt pourquoi, il inſinue qu'on ne ſauroit trop s'attacher à connoître la nature & la valeur des erreurs où l'on peut tomber.

Par exemple, comme il eſt preſque impoſſible, en ſe ſervant d'un étalon cubique, comme on fait ordinairement, de pouvoir juger à plus d'une ligne, ou d'une demie ligne près, s'il eſt parfaitement plein, il arrive que l'erreur régnant ſur toute l'étendue de la ſurface de l'eau, elle ſe trouvera d'autant plus multipliée, que l'étalon aura une plus grande baſe. C'eſt pourquoi M. *Couplet*, pour éviter cet inconvénient, voudroit qu'on ſe ſervît d'un étalon pyramidal ſi pointu, qu'une ligne de plus ou moins de hauteur d'eau à ſon extrémité ſupérieure, pût être comptée pour rien par rapport à tout le volume de l'eau qu'il contient, & que l'étalon fût diviſé par un nombre de diafragmes, pour calmer la rapidité de l'eau, & empêcher les ondulations qui peuvent rendre la jauge équivoque.

Enſuite M. *Couplet* démontre géométriquement que les erreurs dans la jauge d'une même ſource, avec différens étalons, ſont réciproques aux capacités des mêmes étalons, & que les erreurs qui réſultent dans la jauge de différentes ſources, avec un même étalon, ſont entr'elles comme les quarrés des dépenſes ou valeurs des mêmes ſources.

A l'égard des erreurs qui naiſſent de la part du tems employé à remplir l'étalon, M. *Couplet* fait voir que ce ſont celles qui tirent le plus à conſéquence, parce que le calcul les répétant ſur une plus grande quantité d'eau, elles ſeront d'autant plus conſidérables, que les ſources ſeront plus abondantes. Or comme, par la raiſon contraire, moins la ſource aura de rapidité, & moins l'erreur qui peut naître d'une demie-ſeconde de plus ou de moins ſera ſenſible,

M. *Couplet* trouve le moyen de diminuer la rapidité des ſources, ſans altérer leur dépenſe naturelle, & cela en les partageant en un nombre de rameaux qui pourront être regardés comme autant de ſources ſéparées, dont la rapidité de chacune ſera d'autant moindre, que ſa dépenſe ſera une plus petite partie de la dépenſe totale. Par exemple, ſi l'on diviſe la ſource en deux rameaux égaux, chacun employera à ſon écoulement, un tems double de celui de la ſource totale; alors ne ſe trouvant que la même erreur ſur un tems double, elle ne ſera que la moitié de ce qu'elle eût été, ſi le tems de la jauge n'avoit été que la moitié de celui qu'on aura employé. Par la même raiſon, quand la ſource ſera diviſée en trois rameaux, l'erreur ne ſera que le tiers de ce qu'elle eût été ſans cette diviſion; ainſi des autres.

M. *Couplet* ayant remarqué que M. *Mariotte* avoit eſtimé le pouce d'eau, tantôt 14 pintes, & tantôt 13 pintes $\frac{3}{8}$, n'a pas voulu ſuivre les expériences de cet Auteur, & s'en eſt tenu à celles qui ont été faites par Meſſieurs *Roëmer*, *Picard* & *Villiard*, qui s'accordent tous à donner 13 pintes $\frac{1}{3}$ meſure de Paris, à la valeur du pouce d'eau. J'ajouterai que M. *Couplet* s'eſt ſervi pour étalon, dans ſes expériences, d'un vaiſſeau qui contenoit 896 pouces cubes d'eau, valant 18 pintes $\frac{2}{3}$, & que pour plus de commodité, il a calculé des tables pour la meſure des eaux, dont les tems ſont partagés de demi-ſeconde en demi-ſeconde. Ainſi en ſe ſervant de ces tables, on trouve qu'une ſource qui rempliroit en une demi-ſeconde l'étalon dont il ſe ſert, dépenſeroit 188 pouces d'eau par minute, & que celle qui le remplira en trois demi-ſecondes, ne dépenſera que 56 pouces; ainſi des autres.

Au reſte comme mes remarques ne regardent ſeulement que les expériences rapportées par M. *Couplet*, j'ai cru devoir les copier à la lettre, auſſi-bien que les conſéquences qu'il en a tirées, s'agiſſant d'opérations de pratique, qui ne peuvent être mieux expliquées que par celui même qui les a faites.

Expériences de M. Couplet *ſur la meſure des eaux qui coulent dans des tuyaux de conduite.*

1228. » La troiſieme figure eſt le profil d'une conduite de fer » de 4 pouces de diametre qui menoit autrefois l'eau du réſervoir » de la Place Dauphine, dit le réſervoir des Bonnes-Eaux, dans » celui des petites écuries de Verſailles. *Détail des nivellemens qui appartiennent au premier profil.*

» ABC eſt le réſervoir de la place Dauphine, qui eſt en forme PLAN 1.

PLAN. I. FIG. 3.

» de prisme droit, dont la base est un quarré d'environ 2 pieds de » côté, & dont la hauteur est de 2 pieds 8 pouces. Il est situé dans la » rue Dauphine, en une maison du Roi, communément dite la » maison des Bonnes-Eaux ; il tire ses eaux du regard quarré près » S. Antoine ; ce regard les reçoit de Bailly & du Chesnay, qui » sont deux villages à droite & à gauche de Roquancourt, sur le » chemin de Marly.

» A est une soupape placée au fond du réservoir de la place » Dauphine ; elle est de 6 pouces de diametre : à cette soupape » s'abouche un tuyau descendant de plomb, & du même diametre » de 6 pouces, dans la longueur seulement d'environ 6 pieds, au » bout duquel s'abouchoit un second tuyau descendant aussi de » plomb, mais de 4 pouces seulement de diametre, comme tout » le reste de la conduite.

» Ces deux tuyaux descendans formoient ensemble une longueur » verticale de 23 pieds 4 pouces, faisant en D un coude tel que le » marque le profil, d'où la conduite continuoit en remontant une » pente DF de 133 toises 5 pieds 9 pouces de long sur une hauteur » verticale ED de 16 pieds 6 pouces 3 lignes. D'où l'on voit que » la longueur horisontale EF étoit d'environ 133 toises 5 pieds 7 » pouces, qui ne different de la ligne même de conduite que d'en- » viron 2 pouces.

» Du point F, elle continue de monter jusqu'en H, mais par une » pente plus douce FH de 59 toises de long sur une verticale FI de » 1 pied 1 pouce ; d'où l'on voit que la longueur horisontale IH, » n'étoit que d'environ 1 pouce moindre que la ligne de con- » duite FH.

» Du point H, elle descendoit en *x* par une pente H*x* de 34 toi- » ses 1 pied, faisant en chemin au point M un petit coude insensi- » ble, & ayant pour hauteur verticale *x*R, 4 pieds 1 pouce 3 lignes ; » d'où l'on voit que la longueur horisontale HR n'étoit que de quel- » ques lignes moindre que la ligne de conduite HM*x*.

» Ensuite du point *x*, elle remonte au point N par une pente *x*N » de 14 toises 5 pieds, faisant sur la longueur au point R un petit » coude, & ayant pour hauteur verticale *x*V, 2 pieds 10 pouces ; » d'où l'on voit que la longueur horisontale VN, étoit de très- » peu moindre que la ligne même de conduite *xr*N.

» Enfin du point N où elle étoit arrondie, elle s'élevoit par une » conduite de plomb NO du même diametre de 4 pouces, allant » verticalement en O au fond du réservoir des petites écuries, ayant » pour cette hauteur verticale NO, 6 pieds 3 pouces ; par l'extré-

» mité O de ce tuyau montant, l'eau ſortoit à gueule bée, & c'eſt » à cette ſortie que nous avons fait nos premieres expériences.

» On voit que les différences qui ſont entre les lignes de niveau » & les lignes de conduite, ſont aſſez petites pour être négligées » par rapport au frottement, puiſque cette ligne totale LO ne ſe » trouve que de 4 à 5 pouces ſeulement plus courte que la ligne » totale de conduite DFHMN, qui eſt de 291 toiſes 5 pieds 9 » pouces. FIG. 3.

» Il eſt bon de remarquer que dans le profil les ſinuoſités hori- » ſontales que cette conduite trace ſur le terrein, n'y ſont point mar- » quées; cependant elle ne ſe rendoit point d'un lieu à un autre » ſuivant une ligne abſolument droite, elle faiſoit pluſieurs coudes » que l'on avoit arrondis pour adoucir le choc de l'eau contre les » parois; mais toute la longueur de la conduite eſt exprimée dans » le profil.

» Le tuyau deſcendant DA eſt de 23 pieds 4 pouces; le dé- » veloppement DFHMRN de la conduite de fer eſt de 291 » toiſes 5 pieds 9 pouces, & le tuyau montant NO eſt de 6 pieds » 3 pouces; enſorte que la conduite entiere eſt de 296 toiſes 5 » pieds 4 pouces, ſans y comprendre la hauteur ABC du réſer- » voir, de 2 pieds 8 pouces.

» Au-deſſus des réſervoirs différens de la Place Dauphine, qui » ſont de plomb, eſt un réſervoir de diſtribution, dans lequel les eaux » qui viennent du regard quarré près S. Antoine, entrent par le » fond, au moyen d'un tuyau montant qui les y répand. A ce chaî- » neau ou réſervoir de diſtribution, on a ſoudé pluſieurs robinets » qui répandent leurs eaux dans autant de réſervoirs particu- » liers; enſorte que par ce moyen on fournit auquel deſdits réſer- » voirs on veut, tant & ſi peu d'eau que l'on ſouhaite, en ouvrant » plus ou moins les robinets qui leur ſont deſtinés.

Premiere expérience, au ſujet du premier profil.

1229. » Premierement, on n'a laiſſé entrer dans le réſervoir de » la Place Dauphine, que ſuffiſamment d'eau pour l'entretenir à ni- » veau du deſſus de l'ouverture de la ſoupape A, placée au fond » dudit réſervoir, lequel deſſus de cette ſoupape eſt élevé de 9 pou- » ces au deſſus du niveau du bout ſupérieur O du tuyau de ſortie à » gueule bée auxdites petites écuries.

» Alors en nous ſervant de notre étalon de 896 pouces cubiques, » c'eſt-à-dire, de 18 pintes $\frac{1}{2}$, meſure de Paris, ou 12 pintes, me- » ſure de S. Denis, comme nous l'avons annoncé ci-devant, on » a reçu toute l'eau qui ſortoit à gueule bée par l'extrémité O du

PLAN. I. FIG. 3.

» tuyau montant aux petites écuries, toujours ſous la même charge » AL de 9 pouces, & notre étalon s'eſt rempli en $\frac{62}{2}$ ſecondes, ce » qui donne, comme la table le montre, 2 pouces 63 lignes d'eau » d'écoulement par minute.

Seconde expérience ſur le même.

1230. » Secondement, on s'eſt ſervi du même moyen pour entretenir la ſuperficie d'eau en B, à un pied au-deſſus de l'ouverture de la ſoupape; enſorte que cette ſuperficie d'eau étoit » alors de 21 pouces au-deſſus du niveau de la ſortie O du tuyau » montant aux petites écuries.

» Alors on a reçu de notre même étalon toute l'eau qui étoit » capable de conſerver cette même hauteur de ſuperficie, & il s'eſt » rempli en $\frac{40}{2}$ ſecondes, ce qui donne, comme la table le montre, » 4 pouces d'eau par minute, qui ſortoit auxdites petites écuries, » avec une charge BL de 21 pouces, au lieu de deux pouces 63 » lignes ci-deſſus, ſous une charge de 9 pouces de hauteur d'eau.

Troiſieme expérience ſur le même.

1231. » Troiſiemement, on a de la même maniere entretenu » l'eau en *c*, dans le réſervoir de la Place Dauphine à 22 pouces » au-deſſus de l'ouverture de la ſoupape A, c'eſt-à-dire, à 31 pouces au-deſſus du niveau du bout O de ſortie de conduite aux petites écuries.

» Alors on a reçu dans notre étalon toute l'eau qui étoit capable » d'entretenir la ſuperficie d'eau audit point C, & il s'eſt rempli en » $\frac{31}{2}$ ſecondes; ce qui donne, comme la table le montre, 5 pouces » 60 lignes, qui ſortoient auxdites petites écuries, ſous une » charge CL de 31 pouces de hauteur d'eau.

Réſultat des expériences précédentes.

1232. » Par ces trois expériences, nous trouvons toute l'eau que » cette conduite de 4 pouces de diametre, & d'environ 300 toiſes de longueur, dépenſoit à gueule bée ſous ces trois charges » différentes.

» Savoir, avec une charge de 9 pouces, cette conduite dépenſoit 2 pouces 63 lignes, ou, ce qui eſt le même, comme on le » voit dans la table, 162 muids 92 pintes en 24 heures.

» Avec une charge de 21 pouces, elle dépenſoit 4 pouces d'eau » ou 266 muids 192 pintes en 24 heures.

» Et avec une charge de 31 pouces, elle dépenſoit 5 pouces » 60 lignes d'eau, ou 361 muids 84 pintes en 24 heures.

» *On voit que ces quantités d'eau écoulées ne ſont point entr'elles dans* » *le rapport des racines de leurs charges, comme le prétend M.* Mariotte, » *& comme elles devroient être, conformément à l'accélération des viteſſes dans la chûte des corps, s'il n'y avoit point d'obſtacles qui* » *les empêchaſſent de ſuivre cette loi.*

En

» En effet, dans les trois expériences que nous venons de rapporter, les trois *charges* sont 9, 21, 31 pouces, dont les racines sont environ 3, $4\frac{1}{9}$ & $5\frac{6}{11}$, lesquelles se trouvent entr'elles exprimées par 297, 451 & 549.

» Mettant aussi sous une même expression les quantités d'eau écoulées, nous aurons 351, 576 & 780 lignes d'eau.

» Or pour que les quantités d'eau écoulées fussent dans le rapport de leurs charges, il faudroit que l'expérience qui a donné 351 lignes d'eau dans la premiere observation, nous eût donné 533 lignes dans la seconde observation, au lieu de 576 que l'expérience nous a données.

» Il faudroit de même que cette expérience qui a donné les 351 lignes d'eau dans la premiere observation, nous eût donné 655 lignes $\frac{1}{2}$ dans la troisieme observation, au lieu de 780 que l'expérience nous a fournies Ensorte que les dépenses d'eau seroient alors de 351, 533, 655 lignes $\frac{1}{2}$, au lieu que les vraies dépenses fournies par l'expérience même sont de 351, 576, 780 lignes, ce qui est très-différent du rapport des racines des charges 297, 451, 549.

» Ces différences font voir la nécessité indispensable de connoître la théorie des frottemens des eaux dans les tuyaux de conduite, & c'est l'expérience seule qui peut nous y conduire, comme tous les Savans qui ont entrepris de traiter cette matiere, l'ont bien senti.

» Mais on ne peut parvenir à la connoissance de cette diminution de vîtesse d'eau, occasionnée par le frottement de ces mêmes eaux contre les parois internes de leurs conduites, que par une très longue suite d'expériences, puisque c'est de cette suite que l'on pourroit conclure la loi que les eaux se trouvent forcées de suivre, suivant les différentes circonstances que les diverses conduites leur présentent ; car dans cette suite d'expériences, qui ne peuvent être trop nombreuses, on pourroit découvrir les progressions qu'il y a lieu de croire qui s'observent dans l'écoulement des eaux.

» Selon cette idée, les expériences que je rapporte ici ne doivent être regardées que comme un essai, puisque par leur trop petit nombre elles se trouvent insuffisantes pour parvenir à cette connoissance, mais du moins auront-elles l'avantage d'avoir servi à indiquer la voie que je crois qu'il convient de suivre dans ces recherches ».

1233. « M. *Mariotte*, page 265, dit: J'ai trouvé par plusieurs

Analogies, calculs & conſéquences de M. Couplet, *au ſujet de la premiere expérience.*

» expériences très-exactes, qu'une ouverture ronde de 3 lignes de » diametre, étant de 13 pieds au-deſſous de la ſurface ſupérieure » de l'eau d'un large tuyau, donnoit 1 pouce, c'eſt-à-dire, qu'il » en ſortoit pendant le tems d'une minute 14 pintes, meſure de » Paris, de celles qui peſent 2 livres, & dont les 35 font le pied » cube. Ce ſont ſes paroles. Cependant la meſure d'un pouce doit » être exprimée par 13 pintes $\frac{1}{3}$ de celles de 48 pouces cubiques, & » dont le pied cubique en contient 36, comme je l'ai dit ci-devant.

» De cette regle établie par M. *Mariotte*, pour meſurer les eaux » jailliſſantes, on doit conclure que par une ouverture circulaire de » 4 pouces de diametre, c'eſt-à-dire, 16 fois plus large que celle » de 3 lignes de l'expérience de M. *Mariotte*, laquelle ouverture » aura par conſéquent 256 fois plus de ſurface, il ſortira 256 pou- » ces d'eau par minute.

» Maintenant, pour ſavoir ce qu'il ſortira de pouces d'eau ſous » une charge de 9 pouces, par une ouverture circulaire de 4 pou- » ces de diametre, on fera cette analogie.

» Comme la racine de 13 pieds, ou de 156 pouces, laquelle eſt » environ 12 pouces $\frac{1}{2}$, eſt à la racine de 9 pouces, laquelle racine » eſt 3; ainſi la dépenſe de 256 pouces d'eau eſt à la quantité des » pouces d'eau que doit fournir notre ouverture circulaire de 4 » pouces de diametre ſous 9 pouces de charge.

» Cette analogie de $12\frac{1}{2}$ eſt à 3, comme 256 eſt à un quatrieme » terme, qui eſt de 61 pouces d'eau & $\frac{1}{2}$ pour une ouverture de 4 » pouces ſous une charge de 9 pouces; au lieu que l'expérience que » nous avons faite à Verſailles, ne nous a donné que 2 pouces » 63 lignes, ce qui fait une différence d'environ 59 pouces d'eau, » ou 786 pintes $\frac{2}{3}$ par minute; ce qui eſt très-conſidérable.

» On ne fait point attention au frottement de l'eau contre le » tuyau dans l'expérience de M *Mariotte;* car, comme il y a lieu » de le croire, il étoit très-foible, n'ayant de frottement à ſouffrir » que celui qui ſe faiſoit ſur la plaque contre les parois du trou de » ſortie, puiſque le tuyau étant très-large, l'eau deſcendoit très- » lentement dans ce tuyau, pour fournir le pouce d'eau qui ſor- » toit par l'ouverture de 3 lignes, & que le frottement eſt d'autant » moins conſidérable que la vîteſſe de l'eau eſt plus petite.

» Si l'on peut regarder comme *zero* le frottement qu'il y a eu » dans l'expérience de M. *Mariotte*, on doit donc attribuer ces » 59 pouces d'eau de différence au frottement qui s'eſt trouvé, ſe- » lon notre expérience, dans le tuyau de 4 pouces de diametre, & » d'environ 300 toiſes de longueur ſous une charge de 9 pouces,

» qui donnoit ſon eau à gueule bée. Il eſt donc étonnant que ce » frottement de l'eau contre les parois de ce tuyau ait cauſé une » diminution d'écoulement d'eau environ 30 fois plus grande que » la quantité d'eau qui eſt ſortie par cette conduite.

» Maintenant ce principe d'expérience étant établi, il n'y a qu'à » faire un grand nombre d'expériences avec ce même tuyau de 4 » pouces, ſous des charges différentes; par ce moyen l'on aura la » progreſſion qui entrera dans les frottemens que nous cherchons » ſous différentes charges, ou, ce qui eſt le même, avec des vîteſſes » différentes ».

Remarques ſur les Expériences faites au ſujet du premier Profil.

Examen de la maniere dont la premiere expérience a été faite.

1234. Voilà à la lettre ce qu'a écrit M. *Couplet*, au ſujet des expériences faites avec un tuyau de 4 pouces de diametre; il s'agit d'examiner préſentement ſi les conſéquences qu'il en a tirées ſont juſtes. « Premierement, dit-il, on n'a laiſſé entrer dans le réſervoir » de la Place Dauphine que ſuffiſamment d'eau pour l'entretenir à » niveau du deſſus de l'ouverture de la ſoupape A, placée au fond » dudit réſervoir, lequel deſſus de cette ſoupape eſt élevé de 9 pou- » ces au-deſſus du niveau du bout ſupérieur O du tuyau de ſortie à » gueule bée auxdites petites Ecuries ».

Selon ce raiſonnement, on ne ſent pas que la branche de chaſſe ait pu être toujours entretenue entierement pleine, puiſque l'eau du réſervoir ne pouvoit entrer dans le tuyau qu'en coulant le long des bords de la ſoupape, qui ſe trouvoient affleurés par la ſurface de l'eau même; tout ce que l'on peut dire, c'eſt qu'il ſe rendoit aux petites Ecuries autant d'eau qu'on en laiſſoit entrer dans le réſervoir de la Place Dauphine, c'eſt-à-dire, 2 pouces 63 lignes. Car en ſe rappellant ce que nous avons obſervé dans les articles 1218, 1219, l'entrée du tuyau pouvoit être engorgée d'eau, ſans qu'il y eût effectivement une charge de 9 pouces. Quoi qu'il en ſoit, peut-on en conclure que la dépenſe aux petites Ecuries fût de 61 pouces $\frac{11}{25}$, s'il n'y avoit eu ni coudes ni frottemens? Pour en juger, il n'y a qu'à conſidérer quelle ſeroit la dépenſe d'un tuyau vertical de 4 pouces de diametre, ſur 9 pouces de hauteur, pratiqué au fond d'un réſervoir, dont la ſurface de l'eau affleureroit l'orifice du tuyau. Aſſurément on ne pourroit pas dire, en ſuivant le calcul de M. *Couplet*, qu'il ſortiroit de ce tuyau 61 pouces $\frac{11}{25}$ d'eau par minutes, comme il eſt aiſé de s'en convaincre, en ſe rappellant ce qui a été

dit dans l'article 573, où l'on a démontré qu'un pareil tuyau, de quelque hauteur qu'il fût, ne pouvoit dépenser que l'eau qui entroit; d'où il suit, qu'en prenant les choses dans le sens même de M. *Couplet*, le résultat de tous ses calculs n'est pas recevable. D'ailleurs il les fait en se servant d'une expérience de M. *Mariotte*, qu'il regarde comme presque exempte de toute altération de la part des frottemens, quoiqu'ils soient très-grands à cause de la petitesse de l'orifice, ayant montré dans les articles 494 & 495, que la dépense naturelle étoit à la dépense effective de cet orifice, à peu près comme 10 est à 7. Aussi arrive-t-il, en suivant M. *Couplet*, que la dépense naturelle d'une chûte de 9 pouces, par un tuyau qui en auroit 4 de diametre, doit être de 92 pouces $\frac{7}{16}$, au lieu de 61 $\frac{11}{15}$; sur quoi il est bon de remarquer que pour me conformer à la mesure de M. *Couplet*, je suppose comme lui, le pouce d'eau de 13 pintes $\frac{1}{3}$, & que j'en userai de même dans la suite de mes remarques.

Calculs par lesquels on trouve que pour la premiere expérience, la dépense effective doit être à la dépense naturelle, comme 4 est à 13, & non pas comme 1 est à 30, art. 1233.

1235. Ayant fait voir dans les articles 1225, 1226, que la vîtesse de l'eau qui couloit dans un tuyau, ne devoit point être estimée par la racine quarrée de la hauteur de l'excès du niveau de l'eau du réservoir au-dessus du sommet du tuyau de fuite, mais bien par la différence des vîtesses dont les chûtes de chasse & de fuite peuvent être capables; nous allons chercher quelles devroient être les dépenses naturelles du tuyau dont il s'agit, dans les trois cas où M. *Couplet* a fait ses expériences.

En supposant, comme M. *Couplet*, le tuyau de chasse rempli d'eau jusqu'au bord de la soupape, *la chûte de chasse* s'est trouvée alors de 23 pieds 4 pouces, qui répond à une vîtesse de 37 pieds 5 pouces par secondes; comme la charge étoit de 9 pouces, la chûte de fuite n'étoit plus que de 22 pieds 7 pouces, dont la vîtesse par seconde est de 36 pieds 9 pouces 8 lignes, qui étant soustraite de la précédente, donne 7 pouces 4 lignes pour la vîtesse de l'eau par seconde, ou 36 pieds 8 pouces par minute, qui est la hauteur de la colonne d'eau que dépenseroit le tuyau de conduite, s'il n'avoit qu'un pouce de diametre. Mais comme il en a 4, multipliant cette hauteur par 16, il viendra 586 pieds 8 pouces pour la hauteur de la colonne d'eau que l'on cherche, en lui supposant toujours un pouce de diametre. Or comme ce nombre ne se trouve point dans la troisieme Table (*premier Vol. pag.* 202), il en faut prendre la moitié, qui est à peu près 293 pieds, qui répondent dans la même Table à 1 12 livres 2 onces 5 gros, dont le double donne 224 livres, en négligeant les petites parties, ou 112 pintes d'eau, qui étant divisées par 13 $\frac{1}{3}$, ou par $\frac{40}{3}$, donnent 8 pouces $\frac{2}{5}$ d'eau

pour la dépenſe naturelle d'un tuyau de 4 pouces de diametre, ayant 297 toiſes de longueur, au lieu de 2 pouces $\frac{7}{5}$ trouvé par la premiere expérience, ou de 6 · $\frac{11}{12}$, ſelon le calcul de M. *Couplet*. Que ſi l'on compare la dépenſe effective de cette expérience, avec la dépenſe naturelle que nous venons de trouver par notre calcul, elle pourra être exprimée par $\frac{4}{5}$, ce qui montre que dans cette expérience le déchet n'eſt point à beaucoup près auſſi conſidérable que M. *Couplet* l'a eſtimé ; que par conſéquent on peut déduire de ce rapport des conſéquences bien plus vraiſemblables que les ſiennes pour la pratique.

1236. A l'égard de la ſeconde expérience faite ſous une charge de 21 pouces, la chûte de chaſſe s'eſt trouvée de 24 pieds 4 pouces, dont la vîteſſe par ſeconde eſt de 38 pieds 2 pouces 6 lignes. La chûte de fuite étant encore de 22 pieds 7 pouces, par conſéquent capable d'une vîteſſe de 36 pieds 9 pouces 8 lignes, comme dans le cas précédent, la différence de ces deux vîteſſes donne 1 pied 4 pouces 10 lignes par ſeconde, ou 84 pieds 4 pouces par minute, pour celle qu'auroit dû avoir l'eau dans le tuyau. Cette vîteſſe étant encore multipliée par 16, donne environ 1349 pieds pour la hauteur de la colonne, d'un pouce de diametre, qui exprime la dépenſe naturelle, dont le poids eſt de 516 livres, valant 258 pintes, qui étant diviſé par $\frac{4}{5}$, donne 19 pouces $\frac{7}{20}$ pour la dépenſe naturelle, au lieu de 4 pouces trouvés par cette ſeconde expérience ; ainſi le rapport de la dépenſe effective à la dépenſe naturelle eſt à peu près $\frac{1}{5}$.

Calcul pour la ſeconde expérience, d'où l'on déduit que la dépenſe effective eſt à la dépenſe naturelle, comme 5 eſt à 24.

1237. Dans la troiſieme expérience, la charge étoit de 31 pouces, par conſéquent la chûte de chaſſe de 25 pieds 2 pouces, qui répondent à une vîteſſe de 38 pieds 10 pouces 2 lignes par ſeconde. Comme la chûte de chaſſe étoit encore la même que dans les deux expériences précédentes, par conſéquent ſa vîteſſe de 36 pieds 9 pouces 8 lignes, la différence de ces deux vîteſſes ſe trouve de 2 pieds 6 lignes par ſeconde, ou de 122 pieds 6 pouces par minute, qui étant multipliée par 16, donne 1960 pieds pour la hauteur de la colonne d'eau d'un pouce de diametre, qui exprime la dépenſe naturelle, & dont le poids ſe trouve de 750 livres, valant 375 pintes d'eau, ou 28 $\frac{1}{2}$ pouces d'eau, au lieu de 5 pouces $\frac{5}{12}$ trouvés par l'expérience ; ainſi le rapport de la dépenſe effective à la dépenſe naturelle eſt à peu près $\frac{1}{5}$. Si la dépenſe effective de la ſeconde & de la troiſieme expérience ſe trouve plus éloignée de la dépenſe naturelle, que dans la premiere, cela vient de ce que la vîteſſe de l'eau du tuyau dans ces deux dernieres expériences,

Calcul pour la troiſieme expérience, où l'on trouve que la dépenſe effective eſt à la dépenſe naturelle, comme 1 eſt à 5.

étant plus que double de celle de la premiere, elle devoit, selon l'article 1219, empêcher que les parties de l'eau renfermée dans le tuyau descendant ne fussent aussi contiguës, ou, ce qui revient au même, que la force relative de la colonne de chasse n'approchât autant de la force absolue, sur laquelle nous avons compté dans nos calculs, où nous la considérons comme agissant *pleinement*, qui est une supposition qu'on ne peut admettre à la rigueur, puisque pour cela il faudroit que la vîtesse de l'eau dans le tuyau descendant fût nulle ou insensible; d'où il suit que les déchets causés par le frottement, doivent être encore moindres que ceux que nous trouvons par les mêmes calculs.

Détail du nivellement relatif au second profil.

1238. « Le second profil est celui d'une conduite de fer de 6 pou-
» ces de diametre (continue M. *Couplet*), qui a été mise en la place
» de la conduite de fer de 4 pouces, que nous venons de rapporter
FIG. 4. » dans le premier profil (*fig.* 3), & qui mene actuellement l'eau du
» réservoir de la Place Dauphine aux petites Ecuries de Versailles.

» ZA est le réservoir de la Place Dauphine, & le même que dans
» le profil précédent, qui en son fond a une soupape A de 6 pouces
» de diametre, à laquelle s'abouche un tuyau descendant AD, de
» plomb & de même diametre de 6 pouces, situé verticalement
» dans la longueur de 23 pieds 4 pouces, qui est la même que dans
» le profil précédent (*fig.* 3).

» Ce tuyau AD fait un coude en D, où il s'arrondit en s'abou-
» chant avec ladite conduite, qui s'éleve par une pente DF de 87
» toises 5 pieds 9 pouces de longueur, sur une hauteur verticale
» ED de 10 pieds 10 pouces.

» Du point F, elle continue de monter jusqu'en N par une pente
» plus douce FN de 192 toises 6 pouces, sur une hauteur verticale
» FH de 5 pieds 5 pouces; enfin du point N, elle s'arrondit & s'é-
» leve par un tuyau vertical NOR de plomb de 9 pieds 2 pouces
» 6 lignes de longueur, montant au réservoir desdites petites Ecu-
» ries, dans lequel il entre par son fond.

» Nous avons donc cette conduite de fer DFN de 280 toises
» 3 pouces, à laquelle si l'on ajoute le tuyau descendant AD de 23
» pieds 4 pouces, plus le tuyau montant NOR de 9 pieds 2 pou-
» ces 6 lignes, on aura pour longueur totale de la ligne de conduite
» ADFNOR, la quantité de 285 toises 2 pieds 9 pouces 6 lignes.

Premiere expérience au sujet du second profil.

» 1239. Voici maintenant (ajoute M. *Couplet*), les expériences
» & remarques que nous avons faites sur cette conduite. Premiere-
» ment, on n'a lâché dans le réservoir de la Place Dauphine, qu'au-
» tant d'eau qu'il en falloit pour l'entretenir à la hauteur Z, c'est-

» à-dire, enſorte que la ſoupape A fût toujours chargée de 28 » pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur d'eau.

» Le bout du tuyau montant aux petites Ecuries, étoit coupé » horiſontalement à 3 pouces au deſſous du niveau de la ſuperficie » d'eau en Z au réſervoir de la Place Dauphine, comme nous l'a- » vons remarqué ci-devant.

» Dans cet état, par le bout R du tuyau montant aux petites » Ecuries, l'eau ſortoit à gueule bée, & elle a rempli notre étalon » en $\frac{23}{2}$ ſecondes, ce qui donne, comme la table le montre, 7 pou- » ces 44 lignes de dépenſe d'eau, ſous une charge de 3 pouces, » c'eſt-à-dire, ſuivant la même table, 97 pintes par minute, ou bien » 20 muids 83 pintes en une heure. FIG. 4.

Seconde expérience ſur le même.

» 1240. Secondement, on a coupé le tuyau montant NOR ho- » riſontalement en y, à deux pouces au-deſſous du point R; enſorte » que ce point y de ſection, étoit alors de 5 pouces $\frac{1}{4}$ au-deſſous de » la ſuperficie d'eau en Z, audit réſervoir AZ de la Place Dau- » phine. Pour entretenir cette ſuperficie d'eau toujours à la même » hauteur précédente Z, nous nous ſommes ſervi du même moyen » que ci-devant, c'eſt-à-dire en ouvrant, un peu davantage que » dans l'expérience précédente, le robinet de l'auge ou chaîneau » placé au-deſſus du réſervoir de la Place Dauphine.

» Dans cet état, nous avons reçu dans notre étalon toute l'eau » qui étoit néceſſaire pour entretenir cette ſuperficie d'eau à la » hauteur Z au réſervoir de la Place Dauphine, & il s'eſt rempli » en $\frac{16}{2}$ ſecondes, ce qui donne 10 pouces $\frac{1}{2}$.

Concluſion des deux expériences précédentes.

» 1241. Nous avons donc 7 pouces 44 lignes, ou 1052 lignes » de dépenſe d'eau ſous une charge de 3 pouces ou 36 lignes, dont » la racine quarrée eſt 6 lignes.

» Et nous avons 10 pouces 72 lignes, ou 1512 lignes de dépenſe » d'eau ſous une charge de 5 pouces $\frac{1}{4}$ ou 63 lignes, dont la racine » eſt environ 8 lignes.

» Or ſi ces dépenſes d'éau étoient proportionnées aux racines de » leurs charges, on auroit cette analogie 6, 8 : : 1052, 1403, au » lieu que l'expérience nous donne 1512 lignes, qui eſt de 109 li- » gnes ſupérieure à la dépenſe que nous donneroit le rapport des » racines des charges, c'eſt-à-dire, ſupérieure au quatrieme terme » 1403 de cette analogie ci-deſſus ».

Réſultat des calculs de M. Couplet, *ſur les mêmes expériences.*

1442. M. *Couplet*, en ſe fondant encore ſur l'expérience de M. *Mariotte*, dont nous avons parlé, & en ſe ſervant du rapport des racines quarrées des *charges*, comme il a fait dans les calculs de l'article 1233, trouve que pour une charge de 3 pouces, le

tuyau de 6 pouces de diametre, devoit donner 80 pouces d'eau, au lieu de 7 pouces, & environ $\frac{1}{3}$, que la premiere expérience lui a donné ; enſuite il trouve par un calcul ſemblable, que la charge de 5 pouces 3 lignes, devoit donner 406 à 407 pouces d'eau, au lieu de 10 pouces $\frac{1}{2}$ trouvés par la ſeconde expérience, ce qui fait une différence de 396 pouces ; & comme il l'attribue à la réſiſtance cauſée par les frottemens, il finit cet article par le diſcours ſuivant.

Réflexion ſur les obſtacles que l'eau rencontre dans les tuyaux de conduite.

1243. « On peut conſidérer comme un obſtacle à l'écoulement » des eaux, le frottement de la plaque dans laquelle le trou de ſor- » tie eſt percé, & même y joindre l'obſtacle que cauſe la réſiſtance » de l'air, d'autant plus que ſi ces obſtacles n'exiſtoient pas, les » eaux jailliſſantes devroient monter juſqu'à la ſurface ſupérieure » des eaux du réſervoir qui fournit l'eau à ces jets ; de plus l'erreur » que l'on fait dans le tems employé dans la jauge des eaux, doit » encore y entrer pour quelque choſe. Donc ſi l'expérience fonda- » mentale ſe trouve elle-même altérée par tous ces obſtacles, il » eſt conſtant que ſon altération ſe communique à toutes les autres » que nous voudrons en déduire ; cependant il a été juſqu'à préſent » impoſſible de faire mieux, malgré toutes les attentions que l'on » y a apportées, & c'eſt ce qui doit engager à redoubler les re- » cherches à ce ſujet, pour que l'on en puiſſe tirer les regles que » l'on doit employer dans le choix des tuyaux convenables aux » quantités d'eau que l'on veut conduire ».

Remarques ſur les Expériences du ſecond Profil.

Calcul par lequel on trouve que dans la premiere expérience du ſecond profil, la dépenſe effective eſt à la dépenſe naturelle, comme 12 eſt à 11 ; ce qui rend cette expérience ſuſceptible d'erreur.

1244. La chûte de chaſſe du ſecond profil dans le tems de la premiere expérience, étoit de 25 pieds 8 pouces 6 lignes, comme il eſt aiſé de s'en convaincre par le nivellement de M. *Couplet ;* ainſi la vîteſſe qui répond à cette chûte ſe trouve de 39 pieds 3 pouces 5 lignes par ſeconde ; & comme *la charge* étoit alors de 3 pouces, *la chûte de fuite* n'étoit par conſéquent que de 25 pieds 5 pouces 6 lignes, qui répond à une vîteſſe de 39 pieds 10 lignes, dont la différence avec la précédente, eſt de 2 pouces 7 lignes par ſeconde, ou de 12 pieds 11 pouces par minute, pour la vîteſſe qu'avoit l'eau dans le tuyau de conduite, qui, étant multiplié par 36 (quarré du diametre), donne 465 pieds pour la hauteur de la colonne d'eau d'un pouce de diametre, qui exprime la dépenſe, dont le poids eſt de 178 livres, par conſéquent de 89 pintes, qui étant diviſé par $\frac{4}{3}$, donne 6 pouces d'eau, & environ $\frac{2}{13}$ au lieu de 7 pouces $\frac{1}{3}$, trouvés par la premiere expérience.

Si l'on compare la dépenſe effective avec la différence naturelle que

que nous venons de trouver, on verra qu'elle eſt à peu près dans le rapport de 12 à 11, qui montre que la ſeconde, contre toute apparence, ſe trouve d'un douzieme moindre que la premiere, ce qui eſt impoſſible. Ainſi on a tout lieu de croire qu'il ya eu de l'erreur dans la meſure du tems qu'on a employé à faire cette expérience, qui n'a duré que $\frac{23}{2}$ ſecondes; mais comme il peut bien être arrivé, qu'il s'en ſoit écoulé $\frac{25}{2}$ ou $\frac{26}{2}$, par la difficulté de meſurer exactement un tems ſi court, alors on auroit trouvé par la table de M. *Couplet*, que la dépenſe ne devoit être que de 6 pouces $\frac{2}{3}$ ou de 6 pouces $\frac{1}{2}$. Car, comme le remarque fort à propos M. *Couplet*, (1243) *ſi l'expérience fondamentale ſe trouve elle-même altérée* par quelque erreur, principalement dans le tems employé à la jauge des eaux, il eſt conſtant que cette altération doit ſe communiquer à toutes les conſéquences qu'on en voudra déduire: c'eſt pourquoi il ſemble que M. *Couplet* auroit dû ſe ſervir d'un *étalon* qui contînt beaucoup plus de 18 pintes. Au reſte, voilà le ſeul cas où la dépenſe *naturelle* trouvée par nos calculs, ſe rencontre inférieure à la dépenſe *effective*, arrivant le contraire pour toutes les autres expériences dont il nous reſte à parler; ce qui ſemble ſuffire pour autoriſer la raiſon que nous en venons de donner.

1245. A l'égard de la ſeconde expérience ſur la même conduite de 6 pouces de diametre, la chûte de fuite étoit encore de 25 pieds 8 pouces 6 lignes, comme dans la premiere; par conſéquent ſa vîteſſe correſpondante étoit de 39 pieds 3 pouces 5 lignes, au lieu que la chûte de fuite n'étoit que de 25 pieds 3 pouces 3 lignes, puiſque la charge étoit de 5 pouces 3 lignes (1240): & comme cette ſeconde chûte répond à une vîteſſe de 38 pieds 11 pouces 3 lignes, dont la différence avec la précédente eſt de 4 pouces 2 lignes, on voit que la vîteſſe de l'eau dans le tuyau de conduite, auroit dû être de 20 pieds 10 pouces par minute, s'il n'y avoit point eu d'obſtacles, qui étant multipliée par 36, donne 747 pieds pour la hauteur de la colonne d'un pouce de diametre que cette conduite auroit dû dépenſer par minute, dont le poids eſt de 286 livres, valant 143 pintes, qui étant diviſé par $\frac{40}{3}$, donne 10 pouces $\frac{3}{4}$ d'eau, au lieu de 10 pouces $\frac{1}{2}$ trouvé par la ſeconde expérience, ou de 407 pouces ſelon le calcul de M. *Couplet* (1242). Ainſi l'on voit que la dépenſe effective eſt à la dépenſe naturelle, à peu près comme 42 eſt à 43.

Calcul de la ſeconde expérience par lequel on trouve que dans la premiere expérience du ſecond profil, la dépenſe effective eſt à la dépenſe naturelle, comme 42 eſt à 43.

Réflexions ſur la cauſe d'une auſſi petite différence.

S'il ſe rencontre une auſſi grande conformité entre la dépenſe effective de cette ſeconde expérience, & celle que nous venons de trouver par notre calcul, il y a bien de l'apparence que cela

vient de quatre raiſons eſſentielles. La premiere, que la conduite ne fait qu'un coude inſenſible, au lieu que dans le premier profil, il y en avoit pluſieurs accompagnés d'une caſcade qui devoit retarder beaucoup la vîteſſe de l'eau. La ſeconde, qu'en ſuppoſant les vîteſſes égales, le frottement ou le déchet étoit moindre dans ce ſecond tuyau que dans le premier, dans la raiſon réciproque des diametres, par conſéquent comme 2 eſt à 3 (493). La troiſieme, que la vîteſſe de l'eau dans cette conduite n'étant que de 4 pouces 2 lignes par ſeconde, les frottemens ne devoient que peu retarder la vîteſſe naturelle de l'eau, puiſque les déchets cauſés par les frottemens ſont dans la raiſon des vîteſſes de l'eau (497), ou des dépenſes naturelles. La quatrieme, que par la même raiſon du peu de vîteſſe de l'eau dans la conduite, celle qui étoit renfermée dans le tuyau de chaſſe ne deſcendant que lentement, la force par laquelle elle agiſſoit ne différoit guere de la force abſolue ſur laquelle nous avons compté dans notre calcul; à quoi l'on peut encore ajouter qu'il pourroit bien s'être gliſſé une erreur oppoſée à la précédente, dans l'eſtimation du tems, c'eſt à-dire, qu'au lieu d'avoir employé 16 demi-ſecondes, il ne s'en fût écoulé que 15, alors on eût trouvé 11 $\frac{5}{24}$ pouces, au lieu de 10 $\frac{1}{2}$.

Détail des nivellemens du troiſieme profil.

1246. « Le troiſieme profil (continue M. *Couplet*) eſt celui d'une „ conduite qui apporte les eaux du regard quarré, près S. Antoine, „ dans le réſervoir de diſtribution de la Place Dauphine.

PLAN. I. FIG. 5.

„ BCAFH, eſt le regard quarré près ſaint Antoine; il reçoit ſes „ eaux de Bailly & du Cheſnay; ſavoir celles de Bailly par l'ou„ verture du tuyau B, & celles du Cheſnay par l'ouverture du tuyau „ marqué C.

„ A, eſt une décharge du fond du regard quarré, & H eſt une „ décharge de la ſuperficie de ce regard, laquelle décharge eſt de „ 10 pouces 9 lignes au-deſſous de la tablette, ou du bord ſupé„ rieur dudit regard.

„ Du deſſus de cette tablette, on a mené le niveau ou la ligne „ horiſontale *xy*, juſqu'au bord ſupérieur du réſervoir de la Place „ Dauphine, & cette tablette s'eſt trouvée de 3 pieds 11 pouces „ plus élevée que le bord ſupérieur dudit réſervoir de diſtribution, „ dans lequel les eaux entrent par le fond, ou, ce qui eſt le même, „ de 3 pieds 6 pouces plus élevée que la partie ſupérieure L du „ tuyau montant au chaîneau de la Place Dauphine, lequel bord „ ſupérieur L du tuyau montant, par où l'eau ſort à gueule bée, étant „ de 5 pouces inférieur au bord ſupérieur dudit chaîneau ou réſer„ voir de diſtribution de la Place Dauphine, le tuyau B ſe trouve

„ au regard quarré de 1 pied 6 pouces 6 lignes au-deſſous de la ta-
„ blette de ce réſervoir, & le tuyau C ſe trouve de 2 pieds 7 pouces
„ 9 lignes au-deſſous de cette même tablette. Ces diſtances ſont
„ priſes depuis le bord ſupérieur de cette tablette, juſqu'à la partie
„ inférieure de l'ouverture dudit tuyau, qui a ſa coupe verticale en
„ cet endroit, où il s'abouche en B avec le réſervoir.

„ Au point F eſt l'embouchure du tuyau de conduite, qui reçoit
„ les eaux dudit regard quarré pour les porter au réſervoir de la
„ Place Dauphine, & cette embouchure priſe du deſſus de la ta-
„ blette de ce réſervoir quarré juſqu'à la partie inférieure du tuyau
„ de conduite, eſt de 23 pieds au-deſſous de cette tablette.

„ Enſorte que le regard quarré étant plein juſqu'au point H de
„ décharge de ſuperficie, alors le point F du tuyau de conduite
„ eſt chargé de toute la hauteur d'eau FH, qui dans ce cas eſt de
„ 2 pieds 1 pouce 3 lignes.

„ Cette conduite eſt de grès dans ſon commencement dans la Fig. 5.
„ longueur FE d'environ 50 toiſes, tout le reſte eſt de plomb.
„ Cette conduite deſcend du regard quarré par une pente FEI de
„ 163 toiſes 4 pieds, faiſant dans ce trajet deux petits coudes preſ-
„ qu'inſenſibles, & ayant pour ſa hauteur verticale IL, 31 pieds
„ 6 pouces.

„ Du point I, elle continue de deſcendre par une pente IM de
„ 192 toiſes 3 pieds, faiſant dans cette longueur IM pluſieurs cou-
„ des peu conſidérables, ayant ſa hauteur verticale MN de 22 pieds
„ 3 pouces.

„ Puis du point M, elle continue de deſcendre par une pente
„ plus douce MD de 80 toiſes, ayant ſa hauteur verticale DG de
„ 3 pieds 3 pouces.

„ Enſuite du point D, elle monte par une pente DG de 131
„ toiſes 4 pieds, faiſant dans toute cette longueur une courbe
„ concave, dont la hauteur verticale DP eſt de 26 pieds.

„ Du point O, elle continue de monter, mais par une pente
„ plus douce OQ de 74 toiſes, ayant ſa hauteur verticale OR
„ de 6 pieds 9 pouces; puis du point Q, elle redeſcend par une
„ pente QS de 71 toiſes, ayant ſa hauteur verticale ST de 11
„ pieds 3 pouces.

„ Du point S, elle continue de deſcendre par une pente plus
„ douce SV de 90 toiſes 3 pieds, ayant ſa hauteur verticale V*u*
„ de 2 pieds; d'où l'on voit que ce point V eſt d'environ 6 toi-
„ ſes 3 pieds plus bas que le point F de l'embouchure de con-
„ duite.

„ Enſuite du point V, elle remonte par une pente VZK de „ 169 toiſes 4 pieds, ſur une hauteur verticale V*q* de 1 pied 3 „ pouces.

„ Du point K, elle continue de monter par une pente K*p* de „ 79 toiſes ſur une hauteur verticale K*r* de 10 pieds 2 pouces.

„ Du point P, elle continue dans une ligne horiſontale *pm* de „ 112 toiſes.

„ Enfin du point *m*, elle s'éleve en s'arrondiſſant & formant le „ tuyau montant & vertical *mnl* de 25 pieds 7 pouces, & par le „ point *l*, qui eſt le bout du tuyau de conduite coupé horiſontale- „ ment, l'eau ſort à gueule bée ou à plein tuyau, dans le réſervoir „ de diſtribution de la Place Dauphine.

„ Nous avons donc la longueur totale de la ligne de conduite „ FEIMDOQSVZK*pmnl* de 1170 toiſes 1 pied 7 pouces, & la „ longueur horiſontale exprimée par *xy* de 1163 à 1164 toiſes „ environ.

PLAN. 1. FIG. 5. „ De tous ces niveaux, nous concluons que la tablette, ou, ce „ ce qui eſt le même, le bord ſupérieur du regard quarré, qui eſt de „ 3 pieds au-deſſus de la partie inférieure F de l'embouchure de „ conduite, eſt de 3 pieds 6 pouces plus haute que le point L de „ ſortie de la même conduite au chaîneau ou réſervoir de diſtri- „ bution de la Place Dauphine.

„ Et comme le bord ſupérieur de ce réſervoir de diſtribution de „ la Place Dauphine eſt de 5 pouces plus bas que le bout *l* de ſor- „ tie dudit tuyau *mnl*, il s'enſuit que la tablette du regard quarré „ ſera auſſi plus haute que le bord dudit réſervoir de diſtribution „ de la Place Dauphine, de 3 pieds 11 pouces.

„ Ce niveau a été confirmé par l'eau même que nous avons miſe „ en équilibre dans le regard quarré & dans le réſervoir de la Place „ Dauphine, au moyen d'un tuyau que l'on a ajuſté ſur celui *mnl*, „ au point *l*, & du même diametre de 5 pouces.

„ Après quoi, ayant entretenu dans le regard quarré la ſuper- „ ficie d'eau à 8 pouces 7 lignes au-deſſous de la partie ſupérieure „ de la tablette, nous avons remarqué qu'alors l'eau eſt montée „ au réſervoir de la Place Dauphine, de 2 pieds 9 pouces 5 lignes „ au-deſſus du point *l*, dans le tuyau montant que l'on y avoit „ ajouté pour cet effet.

„ D'où l'on voit que cette hauteur de 2 pieds 9 pouces 5 lignes, „ avec les 8 pouces 7 lignes, dont la ſuperficie d'eau étoit au re- „ gard quarré au-deſſous de ſa tablette, nous donne comme ci- „ devant 3 pieds 6 pouces, dont la tablette du regard quarré eſt

» plus haute que le bout L du tuyau montant au réſervoir de diſtri-
» bution de la Place Dauphine, ou bien l'on aura 3 pieds 11 pou-
» ces, dont cette même tablette du regard quarré eſt plus haute que
» le bord ſupérieur du réſervoir de diſtribution ou chaîneau de la
» Place Dauphine, comme nous l'avons déja trouvé ci-devant.
» Voici les expériences que nous avons faites ſur cette conduite.

» 1247. Premierement, l'eau étant dans le regard quarré à 17 *Premiere expérience ſur le troiſieme profil.*
» pouces au-deſſous de ſa tablette, & ſortant alors à gueule bée
» par le point *l* de ſortie au réſervoir de la Place Dauphine, qui,
» comme à ſon ordinaire, étoit de 3 pieds $\frac{1}{2}$ ou 42 pouces au-deſ-
» ſous du niveau de cette même tablette du regard quarré, ce qui
» fait 25 pouces de charge d'eau; on a reçu par deux robinets
» toute l'eau qui en ſortoit, & l'un de ces deux robinets empliſſoit
» notre étalon en $\frac{30}{2}$ ſecondes, ce qui donne, comme l'on voit
» dans la table, une dépenſe de 5 pouces 86 lignes d'eau, & l'autre
» robinet le rempliſſoit en $\frac{40}{2}$ ſecondes, ce qui donne 4 pouces 29
» lignes d'eau d'écoulement. Toute la quantité d'eau qui ſortoit
» alors par ces deux robinets, priſe enſemble & ſous une charge
» de 25 pouces de hauteur d'eau, étoit donc de 9 pouces & 115
» lignes.

» 1248. Secondement, après avoir ajuſté un tuyau montant de *Seconde expérience ſur le même.*
» 5 pouces de diametre, ſur celui du réſervoir de la Place Dauphi-
» ne en *l*, qui eſt auſſi du même diametre de 5 pouces, comme
» nous l'avons dit ci-devant, l'eau étant dans le regard quarré
» à 9 pouces ſous la tablette, & le tuyau montant au réſervoir de
» la Place Dauphine, étant coupé à 14 pouces 7 lignes au-deſſous
» du niveau de ladite tablette du regard quarré, ce qui donne 5
» pouces 7 lignes de charge; alors notre étalon s'eſt rempli par
» l'un des ſuſdits deux robinets en $\frac{60}{2}$ ſecondes, ce qui donne 2
» pouces 84 lignes d'eau, & par le ſecond robinet en $\frac{150}{2}$ ſecondes,
» ce qui donne 1 pouce 17 lignes; ainſi toute la quantité d'eau qui
» ſortoit alors par ces deux robinets, priſe enſemble ſous une charge
» de 5 pouces 7 lignes de hauteur d'eau, étoit de 3 pouces & 101
» lignes.

» 1249. Troiſiemement, la ſurface d'eau étant dans le réſervoir *Troiſieme expérience ſur le même.*
» quarré à 9 pouces $\frac{1}{4}$ au-deſſous de ſa tablette, & le tuyau mon-
» tant au réſervoir de la Place Dauphine, étant coupé à 20 pouces
» 7 lignes ſous la même tablette, ce qui donne 11 pouces 4 lignes
» de charge, alors notre étalon s'eſt rempli par l'un des deux robi-
» nets en $\frac{26}{2}$ ſecondes, & par l'autre en $\frac{1}{2}$ ſecondes, ce qui donne
» dans la table 3 pouces 94 lignes, & 2 pouces 22 lignes; ainſi la

„ dépenſe de ces deux robinets pris enſemble, eſt de 5 pouces 116
„ lignes ſous une charge de 11 pouces $\frac{1}{3}$.

Quatrieme expérience ſur le même.

„ 1250. Quatriemement, la ſuperficie de l'eau étant dans le re-
„ gard quarré à 9 pouces 10 lignes ſous ſa tablette, & le tuyau
„ montant au réſervoir de la Place Dauphine, étant coupé à 26
„ pouces 7 lignes au-deſſous de la ligne de niveau de cette même
„ tablette, ce qui donne 16 pouces 9 lignes de charge; alors notre
„ étalon s'eſt rempli par un des deux robinets en $\frac{52}{2}$ ſecondes, &
„ par l'autre en $\frac{55}{2}$ ſecondes; ce qui donne dans la table 4 pouces
„ 78 lignes, & 3 pouces 8 lignes pour les quantités écoulées, qui,
„ toutes deux enſemble, donnent 7 pouces 86 lignes d'eau ſous
„ une charge de 16 pouces 9 lignes, & par une gueule bée de 5
„ pouces de diametre.

Cinquieme expérience ſur le même.

„ 1251. Cinquiemement, la ſuperficie d'eau étant dans le regard
„ quarré à 11 pouces $\frac{1}{2}$ au-deſſous de ſa tablette, & le tuyau mon-
„ tant au réſervoir de la Place Dauphine, étant coupé horiſonta-
„ lement (comme dans toutes les coupes précédentes) à 32 pouces
„ 7 lignes au-deſſous de la ligne de niveau de la partie ſupérieure
„ de la tablette du regard quarré, ce qui donne 21 pouces 1 ligne
„ de charge, alors notre étalon s'eſt rempli par un des deux robi-
„ nets en $\frac{31}{2}$ ſecondes, & par l'autre en $\frac{49}{2}$ ſecondes; ce qui donne
„ dans la table 5 pouces 60 lignes, & 3 pouces 62 lignes pour les
„ quantités d'eau écoulées, qui, toutes deux enſemble, donnent
„ 8 pouces 122 lignes de dépenſe d'eau ſous une charge de 21
„ pouces 1 ligne de hauteur d'eau.

Sixieme & ſeptieme expériences ſur le même.

„ 1252. Sixiemement, l'eau étant dans le regard quarré à 14 pou-
„ ces 7 lignes au-deſſous de ſa tablette, & le tuyau montant au ré-
„ ſervoir de la Place Dauphine, étant coupé à 38 pouces 7 lignes
„ au-deſſous de la ligne de niveau du deſſus de cette même ta-
„ blette, ce qui donne 24 pouces de charge; alors notre étalon
„ s'eſt rempli par ces mêmes deux robinets en $\frac{30}{2}$ ſecondes, & en
„ $\frac{42}{2}$ ſecondes; ce qui donne dans la table 5 pouces 86 lignes, &
„ 4 pouces d'eau pour les quantités écoulées, qui, toutes deux
„ priſes enſemble, donnent 9 pouces 86 lignes de dépenſe à gueule
„ bée ſous une charge de 24 pouces.

„ Septiemement, l'eau étant dans le regard quarré à 17 pouces
„ ſous la tablette, & le tuyau montant au réſervoir de la Place Dau-
„ phine, étant coupé ou remis comme à ſon ordinaire, a 3 pieds $\frac{1}{2}$
„ ou 42 pouces au-deſſous de la ligne de niveau de la ſuperficie de
„ cette même tablette; ce qui donne 25 pouces de charge, ſous
„ laquelle l'eau ſortoit à gueule bée de 5 pouces de diametre, & ſe

„ déchargeoit dans l'auge ou chaîneau, auquel les deux robinets „ étoient soudés; par l'un des robinets notre étalon s'est rempli en „ $\frac{30}{2}$ secondes, & par l'autre en $\frac{40}{2}$ secondes, comme dans la pre- „ miere expérience, ce qui est pour dépense totale, comme l'on „ voit dans la Table, 9 pouces 115 lignes sous 25 pouces de char- „ ge par un tuyau de 5 pouces de diametre.

Observations sur les expériences précédentes.

„ 1253. On voit dans notre seconde expérience que la super- „ ficie de l'eau étant au regard quarré à 9 pouces sous la ligne de „ niveau xy, & que le tuyau montant au réservoir de la Place „ Dauphine, étant de 14 pouces 7 lignes au-dessous de cette même „ ligne xy, ce qui donne 5 pouces 7 lignes de charge; alors la „ conduite FEIMDOQSVZK*pmnl*, de 1168 à 1169 toises, ne „ donne que 3 pouces 101 lignes d'eau, refusant le reste dans le re- „ gard quarré, c'est-à-dire, le surplus d'eau ayant son écoulement „ ailleurs par une de ses décharges; car si on laissoit regorger cette „ eau dans le regard, la quantité de son écoulement ou de sa dé- „ pense augmenteroit à mesure que sa charge ou sa hauteur aug- „ menteroit dans le regard.

FIG. 5.

„ Nous avons vu dans la troisieme expérience, que cette même „ conduite ayant 11 pouces $\frac{1}{2}$ de charge, sa dépense est de 5 pouces „ 116 lignes, refusant le surplus.

„ Dans la quatrieme expérience, la charge étant de 16 pouces $\frac{3}{4}$, „ la dépense a été de 7 pouces 86 lignes, refusant le surplus.

„ Dans la cinquieme expérience, sous une charge de 21 pouces „ 1 ligne, la dépense a été de 8 pouces 122 lignes, refusant le sur- „ plus.

„ Dans la sixieme expérience, sous une charge de 24 pouces, „ la dépense a été de 9 pouces 86 lignes, refusant le surplus.

„ Enfin, dans la septieme & derniere expérience, sous une char- „ de 25 pouces, la dépense a été de 9 pouces 115 lignes, refusant „ le surplus.

„ Il faut encore remarquer que dans cette conduite de 5 pouces „ & de 1168 à 1169 toises de long, outre les coudes marqués dans „ le profil, elle forme encore plusieurs sinuosités horisontales, mais „ fort arrondies & prises de loin; ce qui dans ce cas ne doit pas „ augmenter de beaucoup le frottement ».

Remarques sur les Expériences qui appartiennent au troisieme profil.

Calcul sur la premiere expé-

1254. Dans la premiere expérience, la chûte de chasse étoit de

rience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 1 est à 2.

78 pieds 7 pouces, laquelle répond à une vîteſſe de 68 pieds 7 pouces 6 lignes; & comme la charge étoit de 25 pouces ou de 2 pieds 1 pouce, la chûte de chaſſe étoit donc 76 pieds 6 pouces, dont la vîteſſe correſpondante eſt de 77 pieds 9 pouces, qui étant ſouſtraite de la précédente, reſte 10 pouces 6 lignes pour la vîteſſe de l'eau par ſeconde, ou 52 pieds 6 pouces par minute, qui étant multiplié par 25, quarré du diametre du tuyau, l'on aura la hauteur de la colonne d'eau qui exprime la dépenſe naturelle, dont le poids eſt de 502 livres, valant 251 pintes, qui étant diviſé par $\frac{40}{3}$, donne environ 18 $\frac{3}{4}$ d'eau, au lieu de 9 pouces $\frac{4}{5}$ que l'on a trouvé par la premiere expérience, ou de 160 pouces que donne le calcul de M. *Couplet;* à l'égard du rapport de la dépenſe naturelle à l'effective, il peut être exprimé par $\frac{21}{48}$, ou par $\frac{1}{2}$.

Calcul ſur la ſeconde expérience qui montre que la dépenſe effective eſt à la dépenſe naturelle, comme 5 eſt à 6.

1255. Dans la ſeconde expérience, pour la même conduite de 5 pouces, la chûte de chaſſe étoit de 79 pieds 3 pouces, qui répond à une vîteſſe de 68 pieds 11 pouces 6 lignes; & comme la charge étoit de 5 pouces 7 lignes, la chûte de fuite s'eſt trouvée de 78 pieds 9 pouces 5 lignes, dont la vîteſſe correſpondante eſt de 68 pieds 8 pouces 10 lignes; ainſi la différence avec la précédente eſt de 2 pouces 8 lignes pour la vîteſſe de l'eau par ſeconde, ou de 13 pouces $\frac{1}{4}$ par minute, qui étant multiplié par 25, donne environ 333 pieds pour la hauteur de la colonne de dépenſe, dont le poids eſt de 127 livres $\frac{1}{2}$, qui étant diviſé par 2, pour avoir des pintes, & le quotient par $\frac{40}{3}$, donne 4 pouces d'eau, & environ $\frac{3}{4}$, au lieu de 3 pouces $\frac{5}{7}$ trouvés par l'expérience; ainſi le rapport de la dépenſe effective à la dépenſe naturelle, peut être exprimé par $\frac{104}{133}$, ou par $\frac{5}{6}$.

Calcul ſur la troiſieme expérience, d'où l'on déduit que la dépenſe naturelle, eſt à la dépenſe effective comme 11 eſt à 17.

1256. Dans la troiſieme expérience, la chûte de chaſſe étoit de 79 pieds 2 pouces 9 lignes, laquelle répond à une vîteſſe de 68 pieds 11 pouces 3 lignes; & comme la charge étoit de 11 pouces 4 lignes, la chûte de fuite étoit donc de 78 pieds 3 pouces 5 lignes, laquelle répond à une vîteſſe de 68 pieds 6 pouces 3 lignes, dont la différence avec la précédente eſt de 5 pouces pour la vîteſſe de l'eau par ſeconde.

Comme les dépenſes naturelles d'une même conduite ſont dans la raiſon des vîteſſes de l'eau ſous différentes charges, on peut pour abréger le calcul, dire: Si 2 pieds 8 pouces, ou $\frac{8}{3}$ de pieds, vîteſſe de l'eau répondante à une charge de 5 pouces 7 lignes, donnent $\frac{4}{5}$ pouces d'eau, que donnera la vîteſſe de 5 pouces? On trouvera 8 $\frac{29}{32}$ pouces d'eau pour la dépenſe naturelle de la charge de 11 pouces 4 lignes, au lieu de 5 $\frac{5}{6}$, qu'a donné la troiſieme expérience;

rience ; ainſi le rapport de la dépenſe effective à la dépenſe naturelle ſera exprimé par $\frac{112}{171}$, ou à peu près par $\frac{11}{17}$.

M. *Couplet*, en parlant de cette troiſieme expérience (1249), fait mention de deux robinets par leſquels couloit l'eau dans l'étalon, ainſi elle n'a point été reçue à gueule bée. Or comme le frottement cauſé par les robinets a dû retarder la vîteſſe de l'eau, il n'y a point de doute qu'on n'ait employé plus de tems qu'il n'en auroit fallu pour recevoir la même quantité d'eau, immédiatement à la ſortie du tuyau. D'où il ſuit que la dépenſe effective devroit être un peu au-deſſus de $5\frac{5}{6}$ pouces, qui eſt une circonſtance dont je ne fais mention que pour entrer dans les vues de M. *Couplet*, ſur l'exactitude qu'il faut apporter dans les expériences de la nature de celle-ci, que les moindres négligences peuvent altérer.

Calcul de la quatrieme expérience, qui donne le rapport de 9 à 16 pour celui de la dépenſe effective à la dépenſe naturelle.

1257. Dans la quatrieme expérience, la chûte de fuite étoit de 79 pieds 2 pouces 2 lignes, qui répond à une vîteſſe de 68 pieds 11 pouces ; & comme la charge étoit de 16 pouces 9 lignes, la chûte de chaſſe étoit donc de 77 pieds 9 pouces 5 lignes, dont la vîteſſe correſpondante eſt de 78 pieds 3 pouces 6 lignes, qui étant ſouſtraite de la précédente, donne 7 pouces 6 lignes pour la vîteſſe de l'eau par ſeconde. Ainſi on trouvera la dépenſe naturelle, en diſant : Si 5 pouces, vîteſſe de l'eau, donne $8\frac{2}{11}$ pouces d'eau pour une chûte de 11 pouces 4 lignes, dans la troiſieme expérience, combien donneront 7 pouces $\frac{1}{2}$, vîteſſe naturelle de l'eau, pour une charge de 16 pouces 9 lignes ; on trouvera 13 pouces d'eau $\frac{1}{8}$, au lieu de $7\frac{7}{12}$ pouces trouvés par l'expérience ; ainſi le rapport de la dépenſe effective à la dépenſe naturelle, pourra être exprimé à peu près par $\frac{9}{16}$.

Calcul de la cinquieme expérience, d'où l'on déduit que la dépenſe naturelle eſt à la dépenſe effective, comme 5 eſt à 9.

1258. Dans la cinquieme expérience, la chûte de fuite étoit de 79 pieds 6 lignes, dont la vîteſſe correſpondante eſt de 68 pieds 10 pouces ; & comme la charge étoit de 21 pouces une ligne, la chûte de fuite s'eſt donc trouvée de 77 pieds 3 pouces 5 lignes, laquelle répond à une vîteſſe de 68 pieds un pouce ; ainſi la différence avec la précédente, eſt de 9 pouces pour la vîteſſe naturelle de l'eau par ſeconde.

Pour trouver la dépenſe relative à cette vîteſſe, on dira : Si $7\frac{1}{2}$ pieds, vîteſſe naturelle de l'eau, ſous une charge de $16\frac{3}{4}$ pouces, ont donné $13\frac{3}{8}$ pouces d'eau, que donneront 9 pouces, vîteſſe de l'eau, pour la dépenſe naturelle, relative à la cinquieme expérience ? Il viendra $16\frac{1}{10}$ pouces d'eau, au lieu de $8\frac{1}{6}$ pouces trouvés par la même expérience ; ce qui donne environ $\frac{5}{9}$ pour le rapport de la dépenſe effective à la dépenſe naturelle.

Le calcul de la ſixieme expérience donne le même réſultat que celui de la premiere, parce que les viteſſes de l'eau ſe trouvent égales.

1259. Dans la ſixieme expérience, la chûte de chaſſe étoit de 78 pieds 9 pouces 5 lignes, relative à une vîteſſe de 68 pieds 9 pouces ; & comme la charge étoit de 24 pouces, la chûte de chaſſe s'eſt trouvée de 76 pieds 9 pouces 5 lignes, dont la vîteſſe correſpondante eſt de 67 pieds 10 pouces 6 lignes ; ainſi la différence avec la précédente ſe trouve de 10 pouces 6 lignes, pour la vîteſſe naturelle de l'eau par ſeconde. Or comme elle ſe rencontre la même que celle que nous avons trouvé (1254) par le calcul que nous avons fait au ſujet de la premiere expérience, & qu'il s'agit du même tuyau, la dépenſe ſera donc encore de 18 $\frac{3}{4}$ pouces d'eau, au lieu de 9 $\frac{4}{5}$ pouces, ou de 9 pouces & 115 lignes qu'a trouvé M. *Couplet* dans la premiere expérience, tandis qu'il ne trouve que 9 pouces 86 lignes dans la ſixieme ; ce qui fait une différence de 29 lignes, qui ne peut provenir que de la meſure du tems qui aura été eſtimé un peu plus grand qu'il n'étoit effectivement, puiſque les vîteſſes naturelles étant égales dans ces deux expériences, les relatives devoient l'être auſſi. Quant à la dépenſe que M. *Couplet* trouve par ſes calculs, pour cette derniere expérience, il l'eſtime de 157 pouces, au lieu qu'il en a trouvé 160 pour la charge de 25 pouces, qui répond à la premiere.

La ſeptieme expérience n'étant qu'une répétition de la premiere, le reſultat en eſt encore le même.

1260. Je ne dis rien de la ſeptieme expérience, qui n'eſt qu'une répétition de la premiere, puiſque la charge étant encore de 25 pouces, les chûtes de chaſſe & de fuite étoient les mêmes que dans la premiere, auſſi M. *Couplet* a-t-il trouvé dans l'une & l'autre la même dépenſe de 9 pouces 115 lignes. Au reſte, voici le raiſonnement de M. *Couplet* ſur le quatrieme profil.

Détail du nivellement du quatrieme profil.

1261. « Le quatrieme profil eſt celui du terrein de cinq conduites de fer, dont deux ſont de 18 pouces de diametre, & les trois autres ſont d'un pied, leſquelles toutes cinq reçoivent les eaux du quarré des deux réſervoirs de la butte de Montboron, ſituée au-deſſus de Verſailles, & ſur la gauche du chemin de Verſaille à Paris, & les portent au réſervoir du château d'eau, ſitué dans la rue des Bons-Enfans, contre le Corps de Garde des Suiſſes.

FIG. 6. » Comme toutes ces conduites ont un même profil & une même charge, nous nous contenterons de celle de 18 pouces, dans laquelle la hauteur du quarré des réſervoirs eſt marquée par la longueur ABC.

» Au fond C de ce réſervoir eſt une ſoupape de 2 pieds de diametre, à laquelle s'abouche la conduite de 18 pouces.

» Cette conduite deſcend ſuivant la longueur CDEF de 197

» toiſes, faiſant dans cette longueur deux petits coudes arrondis, » & peu conſidérables en D & en E, & ayant ſa hauteur verticale » FG, terminée par la ligne horiſontale CG, & le point F pris » ſur le deſſus de la conduite même de 65 pieds.

» Du point F elle continue de deſcendre, mais par une pente » beaucoup plus douce, ſuivant la ligne FH de 297 toiſes, ayant » ſa hauteur verticale HI de 7 pieds 9 pouces.

» Enſuite du point H, elle remonte par une pente HL de 149 » toiſes, ayant ſa hauteur verticale HM de 18 pieds 9 pouces.

» Enfin du point L, où cette conduite s'arrondit, elle monte » verticalement juſqu'en N, pour ſe décharger dans le réſervoir du » château d'eau. Le tuyau montant LN eſt de plomb en cet endroit » ſeulement, & eſt de 53 pieds 10 pouces 9 lignes de hauteur, & » par conſéquent ce point N, par où la conduite ſe décharge à Fig. 6. » gueule bée, eſt de 1 pouce 3 lignes au-deſſous du point C, qui » eſt l'arraſement du deſſus de la ſoupape, ou le fond du quarré » de la butte de Montboron.

» Nous avons donc cette conduite totale CDEFHLN d'envi- » ron 600 toiſes de longueur, qui a ſon embouchure C élevée au- » deſſus de ſa ſortie N de 1 pouce 3 lignes ſeulement; ce qui s'eſt » fait afin de conſerver au réſervoir du château d'eau, le plus de » hauteur qu'il étoit poſſible; & auſſi c'eſt ce réſervoir qui fournit » aux plus beaux jets d'eau de Verſailles.

1262. » Après ce détail, voici (continue M. *Couplet*) les expé- *La charge pour les expériences qui ont été faites ſur ce profil, étoit de 12 pieds 1 pouce 3 lignes.* » riences que nous avons faites ſur la conduite de fer de 18 pou- » ces, marquée dans le profil. Premierement, il faut remarquer, » comme nous l'avons dit ci-devant, que le deſſus des ſoupapes, » comme C, qui ſont au fond du quarré du réſervoir de la butte » de Montboron, eſt plus haut de 1 pouce $\frac{1}{4}$, que le bout N de ſor- » tie de conduite au réſervoir du château d'eau où elles ſe décharg- » gent à gueule bée; d'où l'on voit que lorſque ces ſoupapes ſe » trouvent chargées de 12 pieds de hauteur d'eau, comme pour » exemple de toute la hauteur CB, alors l'on peut dire que l'eau » qui ſort par cette gueule bée N eſt chargée de 12 pieds 1 pouce $\frac{1}{4}$, » & c'eſt avec cette charge d'eau que nous avons fait les expé- » riences ſuivantes.

» Il faut encore remarquer que le réſervoir OPQR du château » d'eau, ayant ſon fond PQ chargé de 7 pieds de hauteur d'eau, Fig. 6. » contient 34880 pieds cubiques, ou 4360 muids, meſure de Paris, » chacun de 288 pintes de celles de 48 pouces cubiques.

1263. » Avec ces connoiſſances, nous avons laiſſé couler l'eau *Expérience faite ſous la*

charge précédente, avec un tuyau de 18 pouces de diametre.

» par cette conduite de 18 pouces de diametre, & elle a fourni dans » le réservoir du château d'eau, 10 pouces de hauteur d'eau, ou » 519 muids $\frac{1}{2}$, en 12 minutes de tems, ce qui fait 43 muids $\frac{166}{663}$, » ou 12456 pintes $\frac{24}{221}$ par minute, ayant toujours la même charge » de 12 pieds 1 pouce $\frac{1}{4}$.

» Ainsi divisant cette quantité 12456 pintes $\frac{24}{221}$ par 13 pintes $\frac{1}{3}$, » qui, selon ce que nous avons établi, est la dépense d'un pouce » d'eau par minute, nous aurons au quotient 934 pouces $\frac{46}{221}$, cette » fraction étant à $\frac{6}{221}$ près $\frac{30}{144}$ pouces ou 30 lignes d'eau.

» Nous aurons donc 934 pouces 30 lignes pour la dépense de » notre conduite de 18 pouces à gueule bée, sous une charge de » 12 pieds un pouce $\frac{1}{4}$.

Autre expérience faite sous la même charge, d'où l'on déduit la dépense d'un tuyau de 12 pouces de diametre.

» 1264. Ensuite la superficie d'eau restant toujours la même en » B, au quarré des soupapes de la butte de Montboron; l'on a » ouvert la soupape de 2 pieds, qui appartient à notre conduite » de 18 pouces, & ensemble les trois soupapes de 18 pouces, qui » appartiennent aux trois conduites d'un pied de diametre chacune; » ces quatre conduites ont fourni dans le réservoir du château » d'eau 9 pouces de hauteur d'eau, ou 467 muids $\frac{1}{7}$ en 6 minutes » de tems, ce qui fait à ces quatre conduites prises ensemble 1681 » pouces $\frac{4}{7}$, c'est-à-dire, 1681 pouces, & un peu plus de 82 li- » gnes.

» Ainsi sachant que notre premiere conduite de 18 pouces, » nous a donné ci-devant 934 pouces & un peu moins de 30 lignes, » si la dépense de ces quatre conduites, c'est-à-dire, si de 1681 » pouces 82 lignes, l'on en ôte 934 pouces 30 lignes, le reste » 747 pouces & environ 52 lignes, exprimera la dépense des trois » conduites d'un pied chacune, dont le tiers 249 pouces 17 li- » gnes, exprimera la dépense à gueule bée de chacune de ces trois » conduites de fer d'un pied, sous la même charge de 12 pieds » un pouce $\frac{1}{4}$, & d'environ 600 toises de longueur & plus ».

Remarques sur les Expériences qui appartiennent au quatrieme Profil.

Résultat du calcul de M. Couplet, *sur la premiere expérience du quatrieme profil.*

1265. Après cet exposé, M. *Couplet* trouve par ses calculs que la dépense du tuyau de 18 pouces de diametre, sur la charge de 12 pieds un pouce 3 lignes, auroit du être de 5004 pouces, au lieu de 934 pouces, ce qui est une différence de 4070 pouces par minute; mais, ajoute-t-il, « cette différence, toute considérable » qu'elle est, ne l'est point encore tant que dans les expériences

» que nous avons faites sur les conduites dont nous avons parlé » ci-devant, où le défaut de la dépense est vingt & trente fois plus » grand que la dépense même (1229), au lieu que dans cette expé- » rience présente, la dépense que nous donne le rapport des ra- » cines des charges n'est gueres que quintuple de la vraie dépense » donnée par l'expérience même; ce qui pourroit venir de ce que » l'impression que fait le frottement sur cette dépense considéra- » ble d'eau, est moins grande que celle qu'il fait sur une petite » dépense; ce qui doit arriver, puisque l'empêchement occasionné » par le frottement, doit être réciproque aux masses d'eau qui sont » en mouvement, d'autant plus que le frottement étant relatif aux » parois des conduites différentes, il doit y avoir *plus de frotte-* » *ment dans un petit tuyau que dans un grand, & cela dans le rapport* » *des quarrés de leur diametre* ».

1266. Dans la premiere & la seconde expériences, la hauteur de la chûte de chasse étoit de 84 pieds 9 pouces, laquelle répond à une vîtesse de 71 pieds 3 pouces 8 lignes; & comme la charge étoit de 12 pieds 1 pouce 3 lignes, la chûte de suite étoit donc de 72 pieds 7 pouces 9 lignes, qui répond à une vîtesse de 66 pieds, dont la différence avec la précédente donne 5 pieds 3 pouces 8 lignes, pour la vîtesse de l'eau par seconde, ou 318 pieds 4 pouces par minute.

Calcul sur la premiere expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 7 est à 18, & non pas comme 934 est à 5004.

Si l'on suppose pour un moment qu'il s'agit d'une expérience faite avec un tuyau de 12 pouces de diametre, il faudra multiplier 55 livres, pesanteur d'un pied cylindrique d'eau (341), par 318 $\frac{1}{3}$ pieds, vîtesse de l'eau par minute, il viendra 17508 livres, ou 8754 pintes, pour la dépense de ce tuyau, qui étant divisé par $\frac{42}{}$, donne 656 pouces d'eau, au lieu de 249 que M. *Couplet* a déduit de la premiere & de la seconde expériences; que si l'on cherche le rapport de la dépense effective à la dépense naturelle pour cette conduite de 12 pouces, on trouvera qu'il peut être exprimé par $\frac{7}{18}$.

1267. Comme les dépenses naturelles des conduites également disposées, & dans lesquelles l'eau a la même vîtesse, sont dans la raison des quarrés des diametres des conduites, & que le rapport du quarré d'un diametre de 12 pouces, est au quarré du diametre de 18, comme 4 est à 9, on pourra dire: si 4 dépense 656 $\frac{1}{2}$ pouces d'eau, combien dépensera 9? On trouvera 1477 pouces, pour la dépense naturelle du tuyau de 18 pouces de diametre, au lieu de 934, trouvé par la premiere expérience; que si l'on cherche le rapport de ces deux dépense, on verra qu'il peut être exprimé assez exactement par $\frac{7}{11}$.

Calcul de la seconde expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 7 est à 11.

On voit que la dépenſe effective approche beaucoup plus d'égaler la dépenſe naturelle dans la conduite de 18 pouces, que dans celle de 12, le déchet pour la premiere conduite n'étant que les $\frac{4}{11}$ de la dépenſe naturelle, au lieu que pour la ſeconde, ce déchet en eſt les $\frac{11}{18}$, ce qui ne peut arriver autrement, puiſqu'à la rigueur, il devroit y avoir même raiſon de $\frac{4}{11}$ à $\frac{11}{18}$, que de 12 à 18, ſelon l'art. 492; parce que les frottemens dans les conduites de même longueur, lorque l'eau y a la même vîteſſe, ſont relatifs aux parois, comme M. *Couplet* en convient; c'eſt pourquoi il n'auroit pas dû dire qu'il devoit y avoir plus de frottement dans une petite conduite que dans une grande, *dans le rapport des quarrés de leur diametre* (1265).

Détail des nivellemens du cinquieme profil.

1268. Enfin voici l'explication que donne M. *Couplet* du cinquieme & dernier profil « d'une conduite de fer, dit-il, de 18 » pouces de diametre, qui conduit l'eau du quarré des réſervoirs » du parc aux Cerfs, à celui du bout de l'aile, & enſuite de la » conduite auſſi de fer d'un pied de diametre, qui l'amene au » réſervoir de Roquancour.

FIG. 7.

» A eſt une ſoupape de 2 pieds de diametre, ſituée au fond du » quarré qui reçoit l'eau des réſervoirs du parc aux Cerfs; à cette » ſoupape s'abouche une conduite de fer ABDFHL de 18 » pouces.

» Sur cette conduite, au point L, s'abouche un tuyau LN de » plomb, & du même diametre de 18 pouces, qui monte & con- » duit l'eau dans le réſervoir du bout de l'aile, dans lequel il ſe » décharge à gueule bée.

» Depuis la ſoupape A, cette conduite ABDFHL*x*N a plu- » ſieurs pentes & ſinuoſités, dont la premiere, exprimée par AB, » de 41 toiſes 5 pieds 9 pouces 6 lignes, donne pour la ligne *a*AB » 42 toiſes 2 pieds 3 pouces 3 lignes, ayant ſa hauteur verticale » BC*b*, comme il eſt marqué ſur le profil de 21 pieds 6 pouces, » compriſe entre le point inférieur B, & la ligne de niveau *abdfhl-* » *rqum*, qui eſt de 7 pieds 9 pouces 6 lignes au-deſſus de la ſou- » pape A.

» Du point B, cette conduite continue de deſcendre par une » pente plus douce BD de 165 toiſes 5 pieds 6 pouces, qui, avec » *a*AB de 42 toiſes 2 pieds 3 pouces 3 lignes, donne la longueur » totale *a*ABD de 208 toiſes 1 pied 9 pouces 3 lignes, ayant ſa » hauteur verticale DE*d* de 29 pieds 5 pouces 6 lignes.

» Du point D, elle continue de deſcendre par une pente DF de » 317 toiſes 4 pieds, qui, avec la longueur *a*ABD de 208 toiſes

» 1 pied 9 pouces 3 lignes, donne la longueur totale *a*ABDF de » 525 toiſes 5 pieds 9 pouces 3 lignes, ayant ſa hauteur verticale » FGI*f* de 46 pieds 2 pouces 6 lignes.

» Puis du point F, elle remonte par une pente FH de 186 toiſes » 3 pieds, qui, avec la longueur précédente de 525 toiſes 5 pieds » 9 pouces 3 lignes, donne la ligne totale *a*ABDFH de 712 toi- » ſes 2 pieds 9 pouces 3 lignes, ayant ſa hauteur verticale H*h* de » 25 pieds 3 pouces.

» Enſuite du point H, elle redeſcend par une pente HI de 65 Fig. 7. » toiſes, qui, avec la longueur précédente de 712 toiſes 2 pieds 9 » pouces 3 lignes, donne la ligne totale *a*BDFHI de 777 toiſes » 2 pieds 9 pouces 3 lignes, avant ſa hauteur verticale LMI de » 38 pieds 4 pouces.

» Enfin du point L où elle s'arrondit, elle s'éleve par le tuyau » montant L*a*N de plomb de 31 pieds 6 pouces, qui, étant retran- » ché de la verticale LM*l* de 38 pieds 4 pouces, donne pour reſte » 6 pieds 10 pouces, dont la gueule bée N eſt au-deſſous de la li- » gne de niveau du point *a*, au quarré des réſervoirs du parc aux » Cerfs; ainſi l'on peut dire que l'eau qui ſortiroit par la gueule bée » N, ſeroit chargée de 6 pieds 10 pouces de hauteur d'eau, lorſque » ſa ſuperficie ſeroit en *a*, au quarré des réſervoirs du parc aux Cerfs.

» En ſuivant le même profil de la figure cinquieme, on voit que » cette même conduite *a*ABDFHL de 18 pouces s'abouche au » pied L du tuyau L*a*N, qui monte au réſervoir de l'aile, avec un » autre tuyau LOPQVZ auſſi de fer, mais d'un pied ſeulement de » diametre en dedans œuvre.

» A ce tuyau & un peu au-deſſous de ſon abouchement en L, » eſt placé un robinet d'un pied d'ouverture comme ſa conduite, » dans laquelle il eſt enveloppé, enſorte que l'on tient cette con- » duite fermée ou ouverte, ſans qu'il ſe faſſe aucun retréciſſement » dans cet abouchement.

» Ce tuyau de 1 pied, continue donc la conduite de 18 pouces, » & deſcend du point d'abouchement L, par une pente LO d'en- » viron 80 toiſes, ayant ſa hauteur verticale OR*r* de 64 pieds. Fig. 7.

» Du point O, elle continue de deſcendre par une pente OP » beaucoup plus douce, qui s'arrondit dans toute ſa longueur de » 398 toiſes, ayant ſa convexité en bas, & ayant ſa hauteur ver- » ticale PS de 10 pouces 9 lignes.

» Du point P, elle continue de deſcendre, mais par une pente » PQ beaucoup plus roide de 171 toiſes, ayant ſa hauteur verti- » cale QT*yq* de 94 pieds 3 pouces 6 lignes.

» Puis elle remonte du point Q par une pente QV de 555 toiſes » 2 pieds, qui dans ſa longueur forme une infinité de petits cou- » des, mais très doux, ayant ſur cette longueur QV ſa hauteur » verticale *Vu* de 29 pieds 5 pouces 6 lignes.

» Enfin du point V, elle continue de monter ; mais par une » pente plus douce VZ de 344 toiſes 2 pieds, faiſant dans ſa lon- » gueur un coude adouci qui ſe releve d'environ 7 pieds, de même
FIG. 7. » que la gueule bée Z, qui ſe releve vers ſa fin d'environ 3 pieds » pour aller ſe décharger dans le réſervoir de Roquancour ; cette » longueur VZ ayant pour ſa hauteur verticale ZM 21 pieds un » pouce, dont ladite gueule bée Z, coupée horiſontalement, eſt » plus baſſe que notre premier point *a*, par lequel paſſe la ligne » horiſontale *am* ou *abdfhlrqum*.

» Donc la ſuperficie d'eau étant dans le quarré des ſoupapes des » réſervoirs du parc aux Cerfs à 10 pouces au-deſſous du point *a* ; » l'eau qui ſortiroit par la gueule bée Z au réſervoir de Roquan- » cour, ſortiroit avec 20 pieds 3 pouces de charge ».

Premiere expérience faite ſur la conduite du cinquieme profil.

1269. Après cette explication, voici le détail que M. *Couplet* donne des expériences qui ont été faites au ſujet du cinquieme profil, accompagné de quelques réflexions qui peuvent avoir leur utilité.

« Premierement, la ſuperficie d'eau, dans l'état d'expérience, » étoit au quarré des réſervoirs du parc aux Cerfs, de 2 pieds 2 » pouces $\frac{1}{2}$ au-deſſous du point *a* ; donc l'eau qui ſortoit alors par » la gueule bée N, ſuivant ce que nous avons dit en examinant le » profil cinquieme, n'étoit chargée que de 4 pieds 7 pouces $\frac{1}{2}$ de » hauteur d'eau, & c'eſt dans cet état que nous avons fait l'expé- » rience ſuivante ſur cette conduite de 18 pouces, & d'environ » 790 toiſes de longueur.

» Nous avons remarqué qu'ayant levé la ſoupape A au quarré » des ſoupapes du réſervoir du parc aux Cerfs, laquelle étoit alors » chargée de 5 pieds 7 pouces, notre conduite de 18 pouces a » fourni par ſa gueule bée N, 3 pouces 9 lignes de hauteur d'eau » dans une heure de tems, au-deſſus du fond du réſervoir de l'ai- » le, qui eſt de 47 toiſes 1 pied 5 pouces de long ſur 14 toiſes 2 » pieds $\frac{3}{4}$ de large, ce qui fait en ſuperficie 682 toiſes 34 pieds & » 57 pouces quarrés, c'eſt-à-dire, près de 683 toiſes quarrées de » ſurface, ou préciſément de 3540441 pouces quarrés de ſurface, » laquelle étant multipliée par la hauteur d'eau de 3 pouces $\frac{3}{4}$, don- » ne pour ſolidité 13276653 $\frac{3}{4}$ pour les pouces cubiques d'eau que » cette conduite de 18 pouces a fourni en une heure, & partant

$\frac{1}{60}$

„ $\frac{1}{60}$ en une minute, c'eſt-à-dire, 221277 $\frac{9}{10}$ pouces cubiques en „ une minute.

„ Mais comme 13 pintes $\frac{1}{3}$, ou ce qui eſt le même, 640 pouces cubiques d'eau, eſt la quantité que fournit par minute ce que „ nous avons appellé un pouce d'eau coulante; ſi l'on diviſe le „ nombre 221277 $\frac{9}{10}$ par 640, le quotient nous donnera 345 $\frac{4779}{6400}$, „ c'eſt-à-dire, 345 pouces, & près de 108 lignes pour la quantité d'eau qu'a fourni notre conduite de 18 pouces dans une „ longueur d'environ 790 toiſes, & ſous une charge de 4 pieds 7 „ pouces $\frac{1}{2}$.

Seconde expérience faite ſur la même conduite.

„ 1270. Secondement, la ſuperficie d'eau étant dans le quarré „ des ſoupapes des réſervoirs du parc aux Cerfs à 10 pouces au- „ deſſous du point *a*, l'eau qui ſortoit par la gueule bée Z au réſervoir de Roquancour, avoit 20 pieds 3 pouces de charge de hauteur d'eau.

„ Dans cet état, nous avons remarqué qu'ayant levé la ſoupape A, qui étoit alors chargée de 6 pieds 11 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur „ d'eau, cette conduite de 18 pouces & d'un pied, ſavoir de 18 „ pouces dans la longueur d'environ 790 toiſes, & d'un pied dans „ la longueur d'environ 1550 toiſes, ce qui fait pour la longueur „ totale de conduite ABDFHLPQVZ, environ 2340 toiſes, a „ fourni 168 pouces d'eau, nous étant ſervi d'un muid pour étalon. FIG. 7.

„ Il faut remarquer que cette conduite ne peut point mener plus „ d'eau ſous cette charge de 20 pieds $\frac{1}{4}$ dans cette longueur de „ 2340 toiſes, & dans la poſition où elle ſe trouve, puiſqu'elle re- „ fuſoit ou regorgeoit dans le réſervoir de l'aile, quoique la gueule „ bée N du tuyau montant audit réſervoir de l'aile, par où elle ſe „ déchargeoit, fût de 14 pieds $\frac{1}{4}$, élevée au-deſſus du niveau de „ ladite gueule bée Z, au réſervoir de Roquancour.

Obſervation ſur la conduite du cinquieme profil.

„ 1271. On voit qu'auprès du réſervoir de l'aile, la conduite de „ 18 pouces forme un angle ſaillant & fort élevé, & dans cet angle „ élevé, l'air s'y cantonnoit fixement, & empêchoit, ou du moins „ ralentiſſoit infiniment l'écoulement des eaux que cette conduite „ devoit fournir: c'eſt ce qui a engagé à placer à cet endroit, „ comme le profil le montre, une ventouſe, que l'on peut dans „ ce cas regarder comme une choſe néceſſaire, comme on le reconnoît par preſque toutes les expériences, puiſqu'il eſt rare que „ l'air ne ſoit d'un grand obſtacle dans les conduites en général. „ On pourra s'en convaincre par une expérience que nous avons „ faite ſur une conduite de plomb de 8 pouces de diametre, & „ de 1900 toiſes de long, qui amene les eaux de Roquancour au

„ château de Verſailles, dans les réſervoirs du deſſous de la rampe „ de la chapelle, ſous une pente ou charge de 2 pieds 6 pouces, „ laquelle conduite n'a jamais fourni par ſa gueule bée que 22 ou „ 23 pouces d'eau, d'environ 30 pouces qui ſe préſentent à ſon „ embouchure, refuſant les 7 à 8 pouces de ſurplus.

Effet ſingulier de l'air cantonné dans les tuyaux de conduite.

„ 1272. Mais une choſe remarquable, c'eſt que dès l'inſtant qu'on „ lâchoit l'eau à l'embouchure de cette conduite, laquelle em- „ bouchure étoit auſſi de 8 pouces comme ſa ſortie, il ſe paſſoit „ environ 10 jours avant qu'il en parût une goutte à ſon bout de „ ſortie, & cela, parce que le long de cette conduite il y avoit „ beaucoup de coudes élevés, dans leſquels l'air ſe cantonnoit, „ & d'où il ne ſortoit qu'avec beaucoup de peine; c'eſt ce qui a „ encore fait penſer à adoucir quelques coudes de cette conduite, „ & à mettre des ventouſes aux angles les plus élevés, où elles ſont „ encore, & alors au bout de 12 heures, on vit ſortir quelques „ filets d'eau, au lieu de 10 ou 12 jours qu'il falloit auparavant, „ & 5 à 6 heures après il en ſortit 22 à 23 pouces, qui eſt toute „ la quantité que l'on peut avoir par cette conduite.

„ Une choſe à remarquer, c'eſt que les cinq ou ſix dernieres heu- „ res qu'on attendit avant que d'avoir le plus grand écoulement „ d'eau, ou la plus grande dépenſe de cette conduite, ſe paſſerent „ à l'évacuation de bouffées de vent, de flocons d'air & d'eau, & „ de filets d'eau, qui tantôt couloient & tantôt ne couloient plus; „ ce qui fait encore voir que l'air eſt d'un grand obſtacle dans les „ conduites.

„ Si l'eau n'avoit point de difficulté à paſſer dans les tuyaux de „ conduite, ſa dépenſe ſeroit *comme la racine des charges;* mais „ lorſqu'elle trouve de la difficulté à couler dans ſes conduites, la „ force qu'elle a pour vaincre cette difficulté, eſt comme la charge „ même; il faut donc ſavoir quelle eſt la réſiſtance abſolue que „ l'eau trouve à circuler, tant à cauſe de ſon adhérence aux parois „ de ſes conduites, qu'à cauſe des autres obſtacles différens quel- „ conques; & ſi l'eau eſt ſi long-tems avant que de ſortir par l'autre „ bout de ſa conduite, comme nous le venons de remarquer dans „ la conduite de Roquancour ».

Remarques ſur les Expériences qui appartiennent au cinquieme Profil.

Calcul ſur la premiere expérience, d'où il réſulte que la vîteſſe ef-

1273. La chûte de chaſſe dans la premiere expérience, relative à ce profil, étoit de 36 pieds 1 pouce 6 lignes, qui répond à une vîteſſe de 46 pieds 6 pouces 6 lignes; & comme la charge étoit de 4 pieds 7 pouces 6 lignes, la chûte de fuite n'étoit donc que de

31 pieds 6 pouces, qui répond à une vîteſſe de 43 pieds 5 pouces 8 lignes, dont la différence avec la précédente, eſt de 3 pieds 10 lignes pour la vîteſſe de l'eau par ſeconde, ou de 192 pieds 6 pouces par minute.

feſtive eſt à la dépenſe naturelle dans le rapport de 11 à 18.

Multipliant cette vîteſſe par 55 livres, peſanteur d'un pied cylindrique d'eau, il viendra 10587 $\frac{1}{2}$ livres pour la dépenſe naturelle de cette conduite, ſi elle n'avoit eu que 12 pouces de diametre; mais comme elle en a 18 pouces, il faut multiplier ce nombre par $\frac{2}{4}$, rapport du quarré du diametre de 18 pouces à celui de 12, (1267) il viendra 23822 livres d'eau, ou 11911 pintes, ou enfin 893 pouces d'eau pour la dépenſe que l'on cherche: que ſi on lui compare la dépenſe effective, qui a été trouvée de 345 pouces, on verra que leur rapport peut être exprimé par $\frac{11}{18}$.

1274. Quant à la ſeconde expérience, la chûte de chaſſe s'eſt trouvée de 93 pieds 5 pouces 6 lignes, dont la vîteſſe correſpondante eſt de 74 pieds 10 pouces 6 lignes; & comme la charge étoit de 20 pieds 3 pouces, la chûte de fuite n'étoit que de 73 pieds 2 pouces 6 lignes, dont la vîteſſe relative eſt de 66 pieds 3 pouces, qui étant ſouſtraite de la précédente, donne 8 pieds 7 pouces 6 lignes, pour la vîteſſe de l'eau par ſeconde, ou 517 pieds 6 pouces par minute, qu'il faut encore multiplier par 55 livres; il viendra 28462 livres pour la dépenſe naturelle de cette conduite, dont le tuyau de décharge étoit de 12 pouces: que ſi l'on réduit cette dépenſe en pouces d'eau, on en trouvera environ 893, au lieu de 168 qu'a donné cette ſeconde expérience; ainſi comparant comme ci-devant la dépenſe effective à la dépenſe naturelle, on trouvera que leur rapport peut être exprimé aſſez exactement par $\frac{3}{19}$.

Calcul pour la ſeconde expérience, d'où il réſulte que la dépenſe effective eſt à la dépenſe naturelle dans le rapport de 3 à 19.

1275. Si la dépenſe effective approche beaucoup plus de la dépenſe naturelle, dans la premiere expérience que dans la ſeconde, cela vient de pluſieurs cauſes bien ſenſibles. Dans la premiere, le tuyau étoit de 18 pouces de diametre, la conduite n'avoit que 790 toiſes de longueur; la vîteſſe naturelle de l'eau ne devoit être que de 3 pieds 10 pouces 6 lignes, & il ne s'eſt rencontré que deux coudes & une caſcade, au lieu que dans la ſeconde expérience, il y avoit 1550 toiſes de tuyaux, qui n'avoient que 12 pouces de diametre; la conduite étoit de 2340 toiſes; la vîteſſe naturelle de l'eau de 8 pieds 7 pouces 6 lignes, & il ſe rencontre dans cette conduite neuf ou dix coudes & quatre caſcades; ainſi tous ces obſtacles compliqués devoient retarder conſidérablement la vîteſſe de l'eau; il eſt même ſurprenant que le déchet ne ſoit pas plus grand qu'il ſe rencontre ici.

Raiſon qui fait voir pourquoi le déchet eſt plus grand dans la ſeconde expérience que dans la premiere.

Voilà ce qui m'a paru qu'on pouvoit dire de plus eſſentiel ſur les expériences de M. *Couplet*, deſquelles il ſera aiſé de déduire des formules pour la pratique, en y faiſant entrer les regles que nous avons données au commencement de ce Chapitre. J'avois établi pluſieurs de ces formules, dans le deſſein de les rapporter ici; mais m'étant apperçu que pour les rendre générales, il me falloit encore être prévenu de quelques expériences que je ne ſuis point à portée de faire préſentement, je me ſuis réſervé de donner ces formules dans la ſeconde Partie cet Ouvrage, avec pluſieurs autres choſes intéreſſantes, qui ſerviront de ſupplément à la Premiere.

CHAPITRE III.

Des Machines pour tirer l'eau des Puits fort profonds, principalement de celles qui ſont mues par l'action du feu.

LA néceſſité où l'on ſe rencontre ſouvent de creuſer des puits fort profonds, ayant donné lieu à l'invention de pluſieurs machines pour en tirer facilement une grande quantité d'eau à la fois, j'en vais décrire pluſieurs, en commençant par celles qu'on peut mouvoir par l'action du feu.

J'ai dit au commencement du ſecond Livre (634), que les Anciens avoient ignoré l'art de mouvoir les machines, en faiſant travailler comme nous l'eau & l'air à la place des hommes & des chevaux, mais il reſtoit encore un élément à ſoumettre aux loix de la méchanique ; c'eſt à quoi l'on eſt parvenu depuis le commencement de ce ſiecle, en ſe ſervant du feu pour élever des poids d'une peſanteur immenſe, & d'une maniere ſi ingénieuſe, qu'on n'a rien imaginé juſqu'ici qui faſſe plus d'honneur à l'eſprit humain.

Origine des machines à feu, ſelon M. Papin.

1276. Pour dire un mot de l'origine des machines mues par l'action du feu, on ſaura que je n'ai trouvé perſonne qui prît la choſe de plus loin que M. *Papin*, Docteur en Médecine, Profeſſeur en Mathématique à Marbourg, & Membre de la Société Royale de Londres, dans la préface d'un petit Ouvrage qui a pour titre: *Nouvelle maniere d'élever l'eau par la force du feu*, imprimé à Caſſel en 1707. L'Auteur rapporte que dès l'année 1698, il avoit déja fait un grand nombre d'expériences par ordre de Son Alteſſe Séréniſſime *Charles Landgrave de Heſſe*, pour eſſayer d'élever l'eau par la force du feu, qu'il a communiqué à pluſieurs perſonnes, &

Fig 1.ere

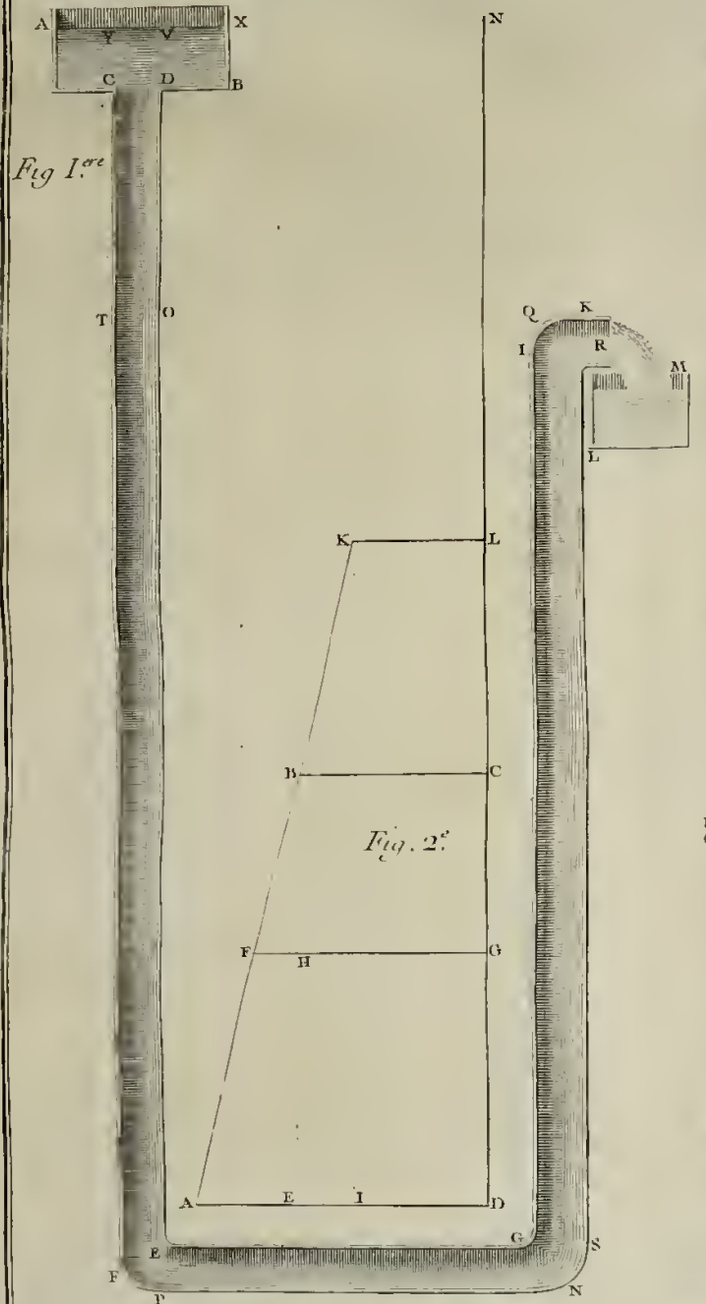


Fig. 2.e

Fig. 3.e Premier Profil.

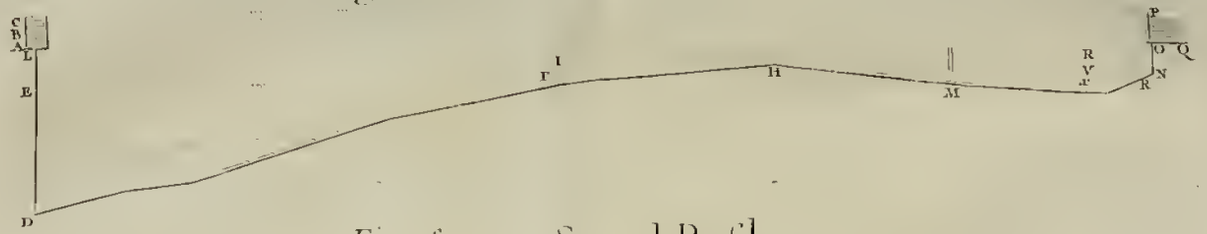


Fig. 4.e Second Profil.

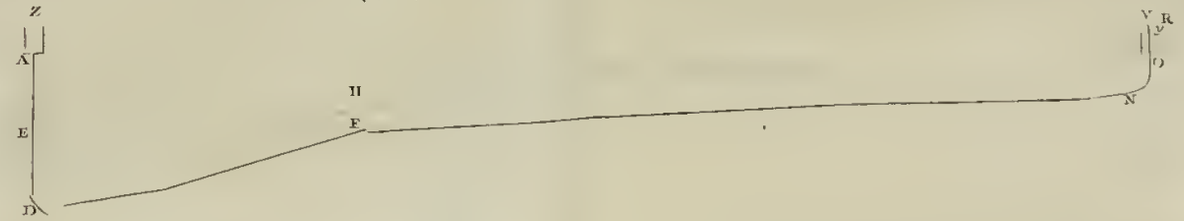


Fig. 5.e Troisieme Profil

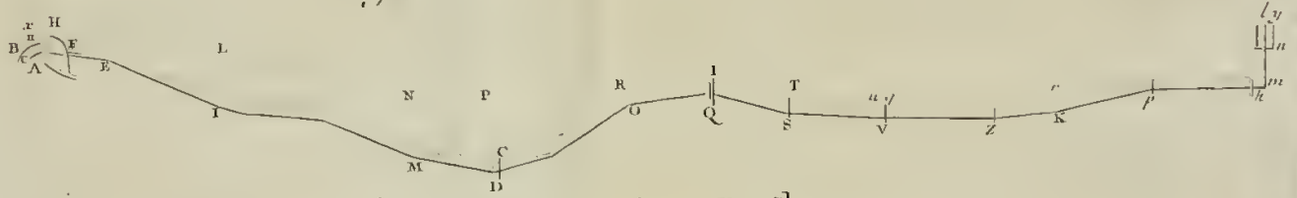


Fig. 6.e Quatrieme Profil

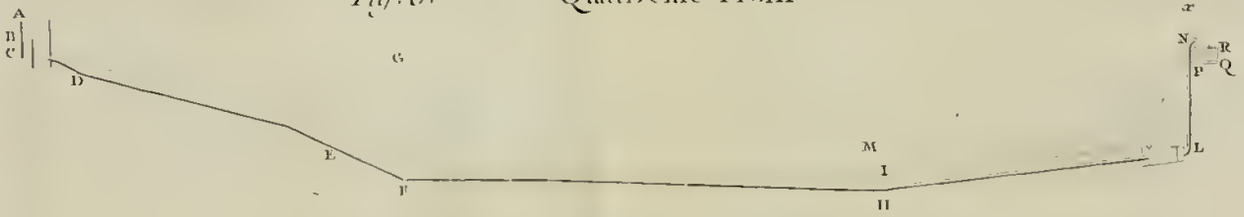
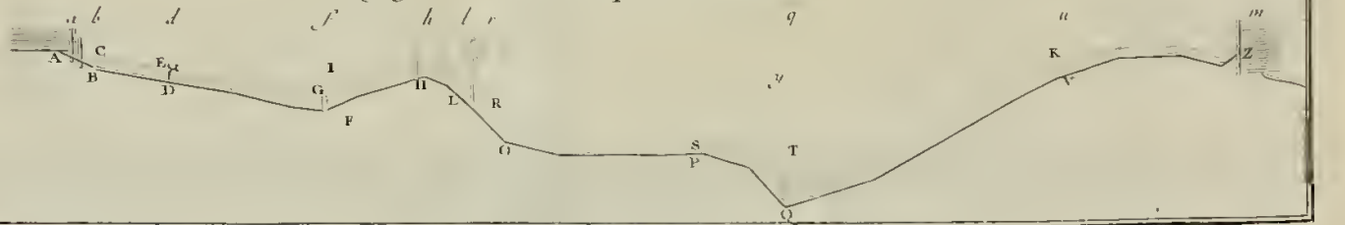


Fig. 7.e Cinquieme Profil



entr'autres à M. *Leibnitz* qui lui a répondu avoir eu auſſi la même penſée.

1277. Comme dans ce tems-là M. *Saveri* travailloit en Angleterre pour parvenir à la même fin, & qu'il a dès-lors rendu public le fruit de ſes recherches, M. *Papin* ajoute; « ce que j'en dis ici „ n'eſt pas pour donner lieu de croire que M. *Saveri*, qui a depuis „ publié cette invention à Londres, n'en ſoit pas effectivement „ l'Inventeur. Je ne doute point que cette penſée ne lui ſoit venue „ auſſi-bien qu'à d'autres, ſans l'avoir appriſe d'ailleurs; mais ce „ que j'en dis eſt ſeulement pour faire voir que Monſeigneur le „ Landgrave eſt le premier qui a formé un deſſein ſi utile.

M. Saveri eſt un des premiers qui ait travaillé ſur cette matiere, de l'aveu même de M. Papin.

„ Ce travail ayant été interrompu (continue M. *Papin*), ſeroit „ peut-être demeuré dans l'oubli, n'eût été que M. *Leibnitz* dans „ une lettre du 6 Janvier 1705, me fit l'honneur de me demander „ ma penſée au ſujet de la machine de M. *Thomas Saveri*, dont „ il m'envoyoit la figure imprimée à Londres. Quoique ſa conſ- „ truction fût un peu différente de la nôtre, & que je n'euſſe pas le „ diſcours qui devoit expliquer la figure; je connus pourtant d'a- „ bord que la machine Angloiſe & celle de Caſſel étoient fondées „ ſur le même principe, & j'eus l'honneur de le faire voir à Mon- „ ſeigneur le Landgrave: cela fit reprendre à S. A. S. le deſſein de „ pouſſer cette invention, qui eſt ſans doute très-utile, comme on „ verra dans la ſuite. Je puis donc aſſurer qu'il a coûté bien du „ tems, du travail & de la dépenſe pour conduire la choſe à la „ perfection où elle eſt à préſent, & il ſeroit trop long de parti- „ culariſer toutes les difficultés imprévues qui ſe ſont rencontrées, „ & toutes les expériences qui ont réuſſi tout au contraire de ce „ qu'il ſembloit qu'on en devoit attendre; ainſi je me contenterai „ de faire voir combien ce que nous avons à préſent eſt préférable „ à ce que nous avons fait d'abord, & à ce que M. *Saveri* a fait „ depuis, afin que le Public ne puiſſe ſe méprendre dans le choix „ qu'il aura à faire entre ces différentes machines, & qu'il profite „ ſans peine de ce qui en a tant coûté; & afin auſſi qu'on voye „ que l'obligation qu'on a à S. A. S. à cet égard, n'eſt pas ſimple- „ ment pour en avoir formé le premier deſſein, mais auſſi pour „ avoir ſurmonté les difficultés des premieres exécutions, & avoir „ fait conduire la choſe au degré de perfection où elle eſt à préſent.

1278. M. *Papin* donne enſuite la deſcription de la machine qu'il a exécutée, & n'oublie rien pour la mettre en valeur; mais quoiqu'il puiſſe dire, il s'en faut bien qu'elle ſoit auſſi ingénieuſe & auſſi achevée que celle de M. *Saveri*, qui a l'avantage de ſe procurer à

La machine de M. Saveri eſt incomparablement plus parfaite que celle de M. Papin.

elle-même tous les mouvemens dont elle a beſoin, ſans que perſonne y touche, au lieu que l'autre ne peut agir qu'avec le ſecours de pluſieurs hommes, dont il y en doit avoir au moins un qui manœuvre ſans interruption, avec des ſujétions qui rendent cette machine auſſi imparfaite que celle de M. *Saveri* eſt accomplie.

M. Amontons a auſſi travaillé au moyen de ſe ſervir du feu pour faire agir des machines.

1279. Tandis que M. *Papin* travailloit en Allemagne, & M. *Saveri* en Angleterre, aux moyens de faire uſage de l'action du feu pour mouvoir les machines, M. *Amontons* en France étoit auſſi occupé du même objet; comme ſi les trois Nations de l'Europe qui ont fait le plus de progrès dans les Sciences, euſſent dû fournir chacune un Savant pour participer à la gloire d'une découverte auſſi importante.

On trouve dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, année 1699, ce que M. *Amontons* a écrit ſur ce ſujet: il y propoſe une roue de moulin extrêmement ingénieuſe, qu'il démontre pouvoir être mue par l'action du feu, fondé ſur un grand nombre d'expériences, & ſur des raiſonnemens qui ne laiſſent aucun doute du ſuccès de cette roue, qu'il nomme *moulin à feu*. Quand M. *Amontons* a écrit ſon Mémoire, il paroît qu'on étoit bien incertain ſi l'on pourroit réuſſir à faire uſage de l'action du feu pour mouvoir des machines, comme on en peut juger par l'expoſé de cet Auteur.

Diſcours de M. Amontons, qui prouve qu'avant le commencement de ce ſiecle on ne s'étoit point encore ſervi du feu avec ſuccès pour faire agir des machines.

1280. « Chacun ne convient pas (dit-il) que la force que le feu » employe à produire des effets ſurprenans, puiſſe utilement ſervir » à mouvoir réguliérement les machines où on a de coutume » d'employer les forces animées & réglées, comme ſont celles » des hommes & des chevaux, parce qu'on ne connoît pas encore » bien de quelle maniere on pourroit faire cette application, & » que les moyens que l'on a propoſés juſqu'ici ont paru avoir trop » d'inconvéniens. La vérité eſt cependant qu'on n'eſt pas plus en » droit d'en douter, qu'on l'étoit avant l'invention des moulins à » eau & à vent, à douter que le mouvement de l'eau ou de l'air » puſſent ſervir aux mêmes uſages; car en ces rencontres, com- » me tout ne dépend que de trouver quelques moyens aſſez ſimples » pour en rendre l'uſage commode & profitable, l'impoſſibilité » n'eſt point de la part de la choſe, mais ſeulement du côté de » nos connoiſſances qui ne s'étendent & ne s'accroiſſent qu'avec » le tems, à meſure que les expériences & l'uſage journalier nous » en donnent occaſion ».

M. Saveri eſt le premier qui ſoit parvenu à

1281. M. *Amontons* étant mort peu de tems après avoir expoſé ſes vues, a été privé de la ſatisfaction de les mettre en pratique,

& d'apprendre que M. *Savari* étoit parvenu à ménager l'action du feu avec plus de juſteſſe encore qu'on ne fait celle de l'eau ou du vent, lorſqu'ils ſont appliqués à des machines; car quoique M. le Marquis de *Worceſter* ſoit le premier en Angleterre qui ait fait mention en termes intelligibles d'une machine pour élever l'eau par le moyen du feu, dans un petit Traité intitulé: *A Century of Inventions*, on ne peut diſputer à M. *Saveri* d'avoir fait exécuter ces ſortes de machines pour la premiere fois dans la Grande-Bretagne; ce qui eſt atteſté par pluſieurs Lettres qui m'ont été écrites à cette occaſion de la part de Meſſieurs de la Société Royale, dans une deſquelles il eſt auſſi fait mention de M. *Newcomen*, comme ayant beaucoup contribué à la mettre dans la perfection où elle eſt à préſent. Une autre preuve que cette machine a pris ſa naiſſance en Angleterre, & qu'elle l'emporte ſur tout ce qui a été tenté en France & en Allemagne à cette occaſion, c'eſt que toutes les machines à feu qu'on a conſtruites ailleurs que dans la Grande-Bretagne, ont été exécutées par des Anglois; telle eſt celle qui ſe rencontre à *Freſnes*, village proche Condé, pour y puiſer l'eau des mines à charbon qui s'y trouvent, où j'ai fait pluſieurs voyages exprès pour me mettre en état d'en donner la deſcription & les développemens qui ne laiſſeront rien à deſirer ſur tout ce qui en compoſe le méchaniſme & la théorie. Je m'y ſuis appliqué avec d'autant plus de ſoin, que le deſſein qui a paru de cette machine n'étant qu'une perſpective fort embrouillée, n'en peut donner qu'une idée très-confuſe, au lieu que les Plans, Profils & Elévations que je vais expliquer, font voir l'objet des moindres parties, & la proportion qu'il doit y avoir entr'elles; de maniere que je me flatte que ceux même qui n'auront point vu cette machine, ſeront non-ſeulement en état d'en juger parfaitement, mais encore de la faire conſtruire dans toute la préciſion qui doit lui convenir pour la rendre parfaite.

faire jouer régulierement une machine par le moyen du feu, & l'on ne peut diſputer aux Anglois le mérite de cette Invention.

1282. Les machines à feu étant compoſées d'un grand nombre de pieces différentes, il convient, pour ne point trop partager l'attention, de n'expoſer d'abord que les principales, afin d'en faire voir l'objet & la liaiſon. On ſaura donc que le méchaniſme de ces ſortes de machines dépend en général d'un *balancier*, dont une des extrêmités répond aux pompes aſpirantes qui élevent l'eau du puits, & l'autre à un *piſton* qui joue dans un *cylindre*.

Idée générale du méchaniſme des machines à feu.

Ce cylindre communique à un grand *alambic* de cuivre, l'un & l'autre bien fermés de toutes parts, pour que l'air extérieur ne puiſſe s'y introduire, & le fond de cet alambic ſert de ciel à un fourneau, dont le feu eſt le moteur de la machine.

L'eau qui bout dans l'alambic produit une *vapeur*, qui paſſe dans

le cylindre, dont elle remplit la capacité à mesure que le piston s'éleve par le contrepoids du balancier, dont nous donnerons ci-après le détail. Dès que le piston est parvenu à son plus haut terme, l'effet d'un certain mouvement interrompt, par le moyen d'un diafragme nommé *Régulateur*, la communication de la chaudiere & du cylindre, dans lequel il survient subitement une *injection* d'eau froide, qui venant jaillir contre le dessous du piston, retombe en pluie, & condense la vapeur dont la force s'anéantit ; ce qui fait naître un *vuide* qui donne lieu à la *colonne d'air* de chasser le piston de haut en bas pour le ramener d'où il étoit parti. Aussi-tôt le mouvement dont nous venons de faire mention agissant d'un sens contraire, ferme le *robinet d'injection*, & ouvre le régulateur, pour laisser à la vapeur la liberté de s'introduire de nouveau dans le cylindre, & recommencer la même manœuvre. Ainsi *l'on voit que le jeu de cette machine dépend de l'effet alternatif de l'eau chaude & de l'eau froide, joint à l'action de l'atmosphere :* il reste maintenant à expliquer en détail la disposition de toutes ces pieces, & de quelle maniere elles se communiquent leurs différens mouvemens.

Explication du balancier qui fait une des principales parties de la machine.

1283. On jugera de la situation & de la forme du *balancier*, en considérant la seconde figure, où l'on verra qu'il est composé d'une grosse poutre AB, soutenue dans le milieu par deux *tourillons*, dont les *paliers* portent sur un des pignons du bâtiment qui renferme la machine. Les extrêmités de cette poutre sont accompagnées de deux *jantes cannelées* C, D, dont la courbure a pour centre le point d'appui E, afin que les chaînes qui y sont suspendues se maintiennent toujours dans la même direction. La premiere F porte le *piston* du cylindre, & l'autre G la *tige* qui meut les pompes *aspirantes* pour élever l'eau du puits, laquelle se décharge dans la *bâche* K, où elle est toujours entretenue à une certaine hauteur.

PLAN. I. FIG. 2.

Le balancier est accompagné de deux petites jantes dont l'une fait agir le régulateur avec le robinet d'injection, & l'autre une Pompe refoulante.

1284. Sur une des faces de la même poutre sont attachées deux autres *jantes* semblables aux précédentes, dont la premiere H soutient une chaîne L, à laquelle aboutit une *coulisse* servant à ouvrir & fermer le robinet d'injection, & à mouvoir le *diafragme* qui regle l'action de la vapeur de l'eau chaude.

Quant à la seconde *jante* I, elle soutient aussi une chaîne O, aboutissant au *cadre* N du piston d'une pompe *refoulante*, qui éleve à 36 pieds une partie de l'eau de la bâche K par un tuyau montant dans une *cuvette* M, servant à entretenir le robinet d'injection, & à plusieurs autres usages dont il n'est point encore tems de parler.

1285. L'ouverture du puits est de 6 pieds en quarré sur 46 toi-

ses

ſes de profondeur; de 24 pieds en 24 pieds, il y a une cuvette de plomb partagée en deux *baſſins*, chacun de 24 pouces de profondeur, unis par une communication, dont la profondeur n'eſt que de 10 pouces ſur autant de largeur. Au fond d'un de ces baſſins eſt un corps de pompe aſpirant, & dans l'autre trempe le tuyau d'aſpiration de la pompe ſupérieure. Tous les piſtons de ces pompes ont 7 pouces de diametre ſur 6 pieds de *levée*, leur conſtruction eſt la même que celle que nous avons décrite dans les articles 955, 956. Leurs *tiges* ſont ſuſpendues à des *poutrelles* de 24 pieds de longueur, liées les unes aux autres de la maniere qu'on le voit repréſenté dans la fig. 25, & compoſent un *train* ſuſpendu à la jante du balancier qui eſt au-deſſus du puits, au fond duquel eſt un *puiſard* où viennent ſe raſſembler les eaux de tous les rameaux de la mine. Ainſi il faut concevoir que dans ce puiſard trempe le tuyau d'aſpiration d'une premiere pompe qui aſpire l'eau à 24 pieds de hauteur; que de-là elle eſt repriſe par une ſeconde pompe qui l'éleve encore de 24 pieds plus haut, & ſucceſſivement par d'autres qui la font monter de cuvette en cuvette juſque dans la bâche, parce que tous les piſtons jouent en même tems. Au reſte, on obſervera que le puits dont nous parlons n'a lieu que pour puiſer les eaux de la mine, & qu'il y en a un autre à 50 ou 60 toiſes de celui-ci, par lequel on tire le charbon.

Explication des Pompes aſpirantes, qui élevent ſucceſſivement l'eau du puits.

PLAN. 3. FIG. 20. 21. 22. 23. 24. & 25.

1286. Il eſt bon d'être prévenu que la *charge* que ſoutiennent les chaînes O, G, eſt beaucoup plus grande que celle que portent les chaînes F, L, lorſque le poids de la colonne d'air n'agit pas ſur le piſton; ainſi la ſituation naturelle du balancier eſt de s'incliner du côté du puits, au lieu que la figure ſeconde le repréſente dans un ſens contraire, c'eſt-à-dire, dans celui où il ſe trouve, lorſque l'injection d'eau froide ayant condenſé la vapeur renfermée dans le cylindre, le poids de la colonne d'air fait baiſſer le piſton (1282). Alors l'eau du puits eſt *aſpirée*, & celle de la bâche *refoulée* dans la cuvette M; mais quand la vapeur vient à s'introduire dans le cylindre, ſa force étant ſupérieure au poids de la colonne d'air, elle ſoulève le piſton, laiſſe agir le poids des *attirails* que portent les chaînes O, G, & le balancier s'incline du côté du puits, qui eſt la ſituation où il reſte lorſque la machine ne joue pas, parce qu'il s'introduit de l'air dans le cylindre au-deſſous du piſton qui ſe met en équilibre, par ſon reſſort, avec le poids de celui qui eſt au-deſſus.

Situation du balancier lorſque la machine ne joue pas.

1287. Pour limiter le mouvement du balancier & amortir ſa violence, afin que la machine n'en reçoive point de trop grandes ſecouſſes, on fait ſaillir en dehors du bâtiment les extrêmités P de

Le mouvement du balancier eſt limité

par des chevrons à reſſort qui en amortiſſent la violence.

deux poutres, pour ſoutenir deux *chevrons à reſſorts*, recevant un boulon qui traverſe le ſommet des grandes jantes du balancier, & l'on prend la même précaution pour le ſoulager dans ſa chûte du côté du cylindre; comme on en peut juger, en conſidérant la figure quatorzieme qui repréſente le plan du troiſieme étage du bâtiment, où l'on voit la ſurface ſupérieure du balancier avec les parties qui l'accompagnent, & le plan de la *cuvette*, laquelle peut avoir 4 pieds quarrés de baſe, ſur 3 pieds de hauteur, & contenir environ un muid d'eau.

Deſcription du cylindre avec ſes dimenſions.

1288. Les figures 4 & 5 repréſentent l'élevation & le profil du cylindre AB, dont nous avons parlé (1282), accompagné des tuyaux qui contribuent au jeu de la machine. Ce cylindre, qui eſt de métal bien alaiſé, a intérieurement 30 pouces de diametre ſur 9 pieds de hauteur & 18 lignes d'épaiſſeur. A 6 pouces au-deſſous de ſon ſommet C (renfermé dans le ſecond étage du bâtiment) regne tout autour un rebord DB, ſur lequel eſt attaché avec une *bride* une *coupe* de plomb DE de 18 pouces de hauteur, évaſée par le haut.

PLAN 2. FIG. 4. & 5.

Le milieu de ce cylindre eſt encore accompagné d'un ſecond rebord FF, ſervant à le ſoutenir ſur deux poutres, entre leſquelles il eſt enclavé, & ſur deux barres de fer qui les traverſent.

La ſurface du cylindre eſt percée de deux trous oppoſés pour deux cauſes eſſentielles.

1289. A 3 pouces au-deſſus de la baſe, le cylindre eſt percé de deux trous directement oppoſés, chacun accompagné d'un *collet* G intérieurement de 4 pouces de diametre, dont le premier ſert à introduire le tuyau d'injection H, & le ſecond aboutit à un *godet* de cuivre I, dans le fond duquel eſt une ſoupape chargée de plomb ſuſpendue à un reſſort de fer, pour la maintenir toujours dans la même direction lorſqu'elle joue. Cette ſoupape, que l'on nomme *reniflante*, ſert à évacuer l'air que la vapeur chaſſe du cylindre, lorſqu'on commence à faire jouer la machine; & enſuite celui qui eſt amené par l'eau d'injection qui empêcheroit l'effet, s'il n'avoit une iſſue.

Deſcription du fond du cylindre.

1290. Le fond Aa de ce cylindre eſt une plaque de métal poſtiche, attachée avec des vis à une bride qui répond à la baſe; le milieu eſt traverſé par un tuyau K d'un pied de hauteur, ayant intérieurement 6 pouces de diametre, l'un & l'autre fondus enſemble, de maniere qu'une moitié ſe trouve dans le cylindre pour empêcher que l'eau qui tombe ſur le fond n'entre dans l'alambic, & l'autre dehors, pour faciliter la jonction du cylindre & de l'alambic.

L'eau provenant d'injection s'évacue par le fond du cylindre.

1291. Le même fond eſt encore percé vers ſa circonférence d'un trou *b* de 4 pouces de diametre, avec un collet *ac* de 6 de hauteur, dont l'objet eſt de faciliter l'évacuation de l'eau d'injection.

1292. Le *piſton* L qui joue dans le cylindre ſur une hauteur de 6 pieds, eſt un plateau de métal, dont le diametre a deux lignes de moins que celui du cylindre, ſur 18 lignes d'épaiſſeur, plus enfoncé dans le milieu que vers la circonférence, comme on en peut juger par ſes plans & profils repréſentés en grand dans les figures 11, 12 & 13, où l'on remarquera que ſa circonférence termine une *couronne* A de 4 pouces de largeur, formant un relief de deux pouces. Sur cette couronne eſt appliquée une ou deux bandes de cuir fort épais, ſaillant d'une ligne ſur le pourtour du piſton. On maintient ce cuir inébranlable en le chargeant d'un *anneau* B de plomb, de même largeur que la couronne, diviſé en trois parties égales, chacune accompagnée d'une queue C, qui s'encaſtre dans une *cellule* D faite de trois plaques de cuivre ſoudées verticalement ſur le fond du piſton.

Deſcription du piſton qui joue dans le cylindre.

PLAN. 3. FIG. 11. 12. & 13.

Le centre de ce piſton eſt percé d'un trou qui reçoit le bout de la *tige* EF par le moyen d'un tenon arrêté avec des clavettes, & cette tige eſt ſuſpendue à la chaîne du balancier.

1293. Au fond de la cuvette d'injection aboutit un tuyau de plomb H de 4 pouces de diametre, qui s'introduit dans le cylindre en paſſant au travers du collet G (1289); ce tuyau eſt terminé par un *ajutage* plat, dont l'œil a 6 lignes de diametre, d'où ſort 9 à 10 pintes d'eau froide pour chaque injection, ce qui ſe fait par le moyen du jeu de la clef d'un robinet M, qui s'ouvre & ſe ferme alternativement (1282), comme nous l'expliquerons ailleurs. Au même tuyau on en a joint un autre horiſontal N, ayant au milieu un robinet par lequel on fait couler ſans ceſſe de l'eau au-deſſus du piſton pour en humecter le cuir, & empêcher l'air extérieur de s'inſinuer dans le cylindre. Pour que cette eau ne déborde pas la coupe, lorſque le piſton vient à remonter, on a ménagé un tuyau OP de 4 pouces de diametre, qui en reçoit le ſuperflu, lequel va ſe rendre dans un réſervoir placé en dehors du bâtiment.

De quelle maniere l'eau de la cuvette d'injection s'introduit dans le cylindre.

PLAN. 2. FIG. 1. 2. 4 & 5.

1294. L'alambic eſt compoſé d'une grande chaudiere QRST un peu évaſée par le haut, ayant un diametre de 9 pieds ſur 3 & demi de profondeur, accompagnée d'un rebord de 12 pouces de ſaillie, qui s'appuye ſur une retraite R, S de 3 pouces, ménagée dans la maçonnerie qui environne cette chaudiere, dont la ſurface extérieure eſt entourée par une petite galerie RQ, ST de 9 pouces de largeur, qui regne tout autour, & dans laquelle circule la fumée du fourneau VQTX, pour entretenir la chaleur de l'eau bouillante.

Deſcription de la chaudiere qui compoſe le fond de l'alambic.

PLAN. 2. FIG. 5.

1295. Le *chapiteau* RZS de l'alambic a la forme d'un dôme, compoſé de pluſieurs plaques de cuivre liées enſemble, & revê-

Deſcription du chapiteau de l'alambic.

PLAN. 2. FIG. 4 & 5.

tues de maçonnerie sur la hauteur de 30 pouces, pour le fortifier contre la force de la vapeur, & le garantir des atteintes de tout ce qui pourroit l'endommager. Son sommet est terminé par une piece circulaire de métal percée d'un trou de 6 pouces de diametre, accompagné d'un collet de 3 pouces de saillie, ayant une bride pour se raccorder avec le tuyau de communication KZ de 18 pouces de hauteur, qui joint l'alambic avec le cylindre; à la base de ce collet est un petit *relief* de 4 lignes de saillie, formant une couronne de 6 lignes de largeur contre laquelle s'applique le *régulateur* quand il interrompt le passage de la vapeur dans le cylindre.

Explication des parties qui appartiennent au régulateur.

1296. Pour faciliter l'intelligence de ce que nous venons d'insinuer, il faut considérer la figure 15, dans laquelle AB représente la partie dont nous parlons de 24 pouces de diametre, fondue avec le *collet* DCEF, accompagné d'une moitié CGIHE de la *bride*, servant à le raccorder avec le tuyau de communication.

Cette piece répond à quatre *supports* de fer KL de 4 pouces 6 lignes de hauteur, qui soutiennent un *anneau* OS de 2 pouces de largeur, dont le diametre intérieur est de 12 pouces. A cet anneau est attaché un *ressort* de fer MN de 2 pouces de largeur, servant à soutenir le régulateur QR, dont le plan & le profil sont représentés en particulier par les figures 17 & 18, qui montrent que ce régulateur, qui a 7 pouces de diametre, est accompagné d'un manche dont l'extrêmité T est percée quarrément pour recevoir un *aissieu* vertical *ab*, ayant son centre de mouvement éloigné de 6 pouces 8 lignes du régulateur.

PLAN. 3. FIG. 15. 16. 17. 18 & 19.

Le pivot *c* de cet aissieu joue dans un trou V (*Fig.* 19) pratiqué dans l'anneau VS, & la partie *ad* est liée à l'aide d'une clavette au manche du régulateur. Quant à la partie *ae*, qui est arrondie, elle joue exactement dans un trou percé à travers de la plaque AB, & présente en dehors de l'alambic un *tenon ef*, pour s'ajuster avec une *clef* qui communique le mouvement au régulateur, dont le bouton Z glisse sur le ressort MN qui est fort poli, en descendant de Z en N pour ouvrir l'orifice DF, & remonte de N en Z pour le fermer.

Situation de l'alambic & du fourneau dans le bâtiment qui renferme la machine.

1297. On jugera de l'emplacement de l'alambic dans le bâtiment où il est renfermé, en considérant la figure 10, qui représente le plan du premier étage, élevé d'environ 10 pieds au-dessus du rez-de-chaussée. On y verra une coupe horisontale de l'alambic, accompagnée du revêtement de maçonnerie qui en soutient le chapiteau. De cet étage on peut descendre par un petit escalier AB dans l'endroit où est le fourneau, dont la construction s'en-

PLAN. 3. FIG. 8. 9 & 10.

tendra aiſément, en conſidérant les figures 8 & 9 qui en montrent le plan & le profil coupé ſur l'alignement CD (*Fig.* 10).

Le fond de ce fourneau eſt une *grille* élevée de 4 pieds au-deſſus du rez-de-chauſſée ſervant de foyer, & on introduit le bois ou le charbon de terre par une ouverture E, vis-à-vis de laquelle eſt une porte C, qui répond au rez-de-chauſſée.

On a pratiqué une ventouſe FG dans l'épaiſſeur du maſſif de la maçonnerie & des terres qui ſe trouvent derriere le fourneau, afin que l'air extérieur puiſſe aiſément s'introduire dans le cendrier ſous la grille, pour animer le feu dont la fumée ne peut s'échapper par la cheminée HIK, oppoſée à l'entrée du fourneau, qu'après avoir circulé autour de la chaudiere (1294). Au reſte, comme les figures 8 & 9 ne laiſſent rien à deſirer ſur ce qui peut appartenir au fourneau, je ne m'y arrêterai pas davantage.

Au-deſſus du chapiteau de l'alambic eſt une ventouſe pour laiſſer échapper la vapeur quand elle eſt trop forte.

1298. Pour achever ce qui me reſte à dire ſur l'alambic, il faut conſidérer les figures 1 & 3, qui repréſentent en grand la ſurface de ſon chapiteau, où l'on remarquera la poſition A d'un bout de tuyau de 4 pouces de hauteur ſur autant de diametre, ſoudé verticalement ſur le chapiteau. Au ſommet de ce tuyau eſt adaptée une ſoupape chargée de plomb, que nous nommerons *ventouſe*, dont l'objet eſt de donner de l'air à l'alambic, lorſque la vapeur devient par trop forte ; elle ſe leve aſſez ſouvent quand le régulateur eſt fermé, & quand le piſton deſcend.

PLAN. 2.

FIG. 1. 3. 4 & 5.

1299. On remarquera auſſi que l'ellipſe BC, dont le grand axe eſt de 18 pouces & le petit de 14, eſt une plaque de cuivre qui ſe détache quand on veut pour entrer dans l'alambic lorſqu'il y a quelque réparation à y faire. A cette plaque ſont attachés aux endroits D, E, deux tuyaux pendans *p*, *q*, repréſentés dans la cinquieme figure, dont le premier *p* eſt plus court de 3 pouces que le ſecond *q*, qui deſcend juſqu'au niveau RS du bord de la chaudiere ; ces tuyaux ont au ſommet chacun une clef de robinet, ſervant à éprouver à quelle hauteur eſt la ſurface de l'eau dans l'alambic. Par exemple, ſi en les ouvrant on s'apperçoit qu'ils donnent tous deux de la vapeur, c'eſt une marque que l'eau eſt trop baſſe, & au contraire s'ils donnent tous deux de l'eau, c'en eſt une qu'elle eſt trop haute : mais ſi l'un donne de l'eau & l'autre de la vapeur, alors la ſurface de l'eau eſt à une hauteur convenable ; ce qui arrive quand elle ſe rencontre à un ou deux pouces au-deſſus du bord RS de la chaudiere.

Uſage de deux tuyaux pour éprouver la hauteur de l'eau dans l'alambic.

Si l'eau ſort par les tuyaux d'épreuve, cela vient de ce que la

vapeur faiſant effort de toutes parts pour s'échapper, preſſe la ſurface de l'eau dans laquelle le tuyau trempe & l'oblige à monter comme dans les pompes aſpirantes, parce que la chaleur a extrêmement dilaté l'air qui ſe trouve dans ce tuyau.

De quelle maniere on évacue la vapeur de l'alambic pour arrêter la machine.

FIG. 5.

1300. Au chapiteau de l'alambic eſt encore adapté un tuyau de cuivre *def* que l'on nomme *cheminée*, dont l'extrêmité *f* qui aboutit hors du bâtiment, eſt fermée d'une ſoupape attachée à une corde qui paſſe ſur deux poulies; ce tuyau, qui a 5 pouces de diametre, ſert à évacuer la vapeur en ouvrant ſa ſoupape lorſqu'on veut arrêter la machine, & à lui donner une échappée lorſqu'elle acquiert aſſez de force pour élever la ſoupape, autrement elle mettroit l'alambic en danger de crever.

Uſage d'un réſervoir proviſionnel pour fournir de l'eau à l'alambic.

1301. En dehors du bâtiment eſt une plate-forme de maçonnerie au niveau du premier étage, ſur laquelle eſt placé un réſervoir *proviſionnel* fait de madriers, doublés de plomb, dans lequel on entretient ordinairement 33 ou 34 muids d'eau, provenant du ſuperflu de la cuvette d'injection qui deſcend par le tuyau *h* (1284). Ce réſervoir, qui eſt accompagné d'une décharge de ſuperficie *i*, ſert à introduire dans l'alambic, quand il eſt ouvert, environ 26 muids d'eau par le moyen d'un tuyau *kq*, accompagné d'un robinet *m*, & on vuide l'alambic par un autre tuyau *no* qui paſſe ſous la plate-forme.

1302. Comme on ne peut faire jouer la machine ſans avoir de l'eau dans la cuvette d'injection, on a placé dans le troiſieme étage une pompe aſpirante Q (*Fg.* 2), dont le tuyau RST aboutit vers le fond du réſervoir proviſionnel, afin qu'au beſoin on en puiſſe tirer de l'eau pour remplir cette cuvette, qui eſt ordinairement vuide, quand la machine ne joue pas, parce que l'eau qui part du fond pour ſe rendre ſur le piſton, & qui ſe décharge enſuite dans le réſervoir (1293) eſt bien-tôt épuiſée quand la pompe refoulante n'agit pas, & qu'on n'a point pris la précaution un moment avant que d'arrêter la machine, de fermer le robinet d'injection qui conduit l'eau dans la coupe.

De quelle maniere l'eau d'injection ſort du cylindre.

PLAN. 2.

FIG. 5.

1303. Nous avons dit (1291) que le collet *ac* facilitoit l'évacuation de l'eau d'injection qui tomboit dans le cylindre; pour cela ce collet eſt raccordé avec un tuyau, ayant deux *rameaux* inégaux, dont le plus grand *rf* nommé *rameau d'évacuation*, de 2 pouces de diametre, va aboutir au fond d'une petite *citerne* dans laquelle ſe déchargent environ les trois quarts de l'eau d'injection. A l'extrêmité *t* de ce rameau eſt une ſoupape ſuſpendue à un morceau de fer;

cette ſoupape eſt fermée quand le piſton deſcend, & elle eſt toujours baignée d'eau, afin que l'air ne puiſſe y pénétrer.

La citerne dont nous parlons n'eſt autre choſe qu'une cuvette de plomb placée ſous l'arcade de la plate-forme, ayant deux tuyaux, l'un ſervant de *decharge de ſuperficie*, & l'autre de fond; ainſi l'on voit qu'en dehors du bâtiment, au pied de la plate-forme, on peut avoir deux baſſins, dont l'un recevra de l'eau froide, provenant du réſervoir proviſionnel, & l'autre de l'eau chaude, provenant de la citerne.

Une partie de l'eau d'injection paſſe dans l'alambic pour ſuppléer au déchet que cauſe la vapeur.

1304. Pour entendre l'objet du petit rameau *ux*, dont le bout eſt fermé hermétiquement, il faut conſidérer la figure 7 qui repréſente l'alambic & le cylindre vus en face du côté du réſervoir proviſionnel. On y remarquera qu'à ce rameau eſt adapté un tuyau *y*, qui communique à un autre vertical *z* nommé *tuyau nourricier*, de 18 lignes de diametre, dont une partie trempe dans l'eau de l'alambic juſqu'à 4 ou 5 pouces du fond, & l'autre partie ſaille de 3 pieds en dehors. Or on ſaura que le quart qui nous reſte de l'eau d'injection & qui ſort tiede du cylindre, vient remplacer par ce tuyau le déchet que cauſe la vapeur à l'eau de l'alambic, qui ſe trouve par-là toujours entretenue à la même hauteur.

PLAN. 3. FIG. 7.

1305. Ayant inſinué (1299) que la force de la vapeur faiſoit monter l'eau bouillante dans les tuyaux d'*épreuve* lorſqu'ils y trempoient, on voit que la même cauſe doit auſſi la faire monter dans le tuyau *nourricier*, puiſqu'il eſt ouvert par les deux bouts; auſſi s'éleve-t-elle au-deſſus de la communication *y* juſqu'à un certain point, où la vapeur la ſoutient en équilibre avec le poids de la colonne d'air qui lui eſt oppoſé.

De quelle maniere ſe fait cette opération.

1306. L'eau qui eſt introduite dans le cylindre par le tuyau d'*injection* s'échappe par l'ouverture *b*, & tombe dans les deux rameaux *u*, *r* (*Fig.* 5), de maniere que celui d'*évacuation* en reçoit les trois quarts (1303), & le reſte paſſe dans le nourricier *z* où elle contraint l'eau chaude qui s'y trouve de deſcendre pour en occuper la place, juſqu'à l'inſtant qu'une nouvelle opération l'oblige de paſſer à ſon tour dans l'alambic.

On peut auſſi introduire dans l'alambic de l'eau de la coupe.

1307. Au petit rameau *ux* eſt attaché un *godet a*, au fond duquel eſt une ſoupape que l'on ouvre pour introduire de l'eau tiede dans tous les tuyaux dont nous venons de faire mention, afin d'en chaſſer l'air lorſqu'on commence à faire jouer la machine. Cette eau, qui peut auſſi couler dans l'alambic, eſt tirée du

FIG. 5 & 7.

ſommet du cylindre (1293) par un tuyau deſcendant *ll*, au bas duquel eſt un robinet.

Détail des pieces qui ſont jouer le régulateur.

1308. Il nous reſte à expliquer le mouvement qui fait agir le régulateur & le robinet d'injection; pour cela il faut examiner la figure 6, qui eſt une élevation des parties de la machine vues du côté du puits, dont pluſieurs ſont repréſentées de côté dans la premiere figure, & en plan dans la troiſieme; ainſi à meſure que nous les citerons, on pourra les reconnoître en ſuivant les lettres ſemblables qui les déſignent.

PLAN. 3. FIG. 1. 3 & 6.

On voit d'abord deux *poteaux* A, ſoutenant un *aiſſieu* BC, qui enfile les anneaux d'un *étrier abcd*, ſemblable à celui dont il eſt fait mention dans l'article 1163, avec cette ſeule différence qu'il n'eſt traverſé que par un boulon *e*, autour duquel joue une *fourche fg*, dont la queue *h* aboutit à la *clef i* du régulateur (1296).

Au même aiſſieu ſont attachées une *patte* DR à deux *griffes* qui font mouvoir l'étrier, deux *branches* de fer EF, GH, & la *tige* I d'un *poids* K, dont la chûte produit un effet ſemblable à celui qui eſt décrit dans l'article 1164.

Nous avons dit (1284) que la chaîne attachée à l'une des jantes du balancier portoit une *couliſſe*, qui n'eſt autre choſe qu'un chevron pendant L, ayant une fente dans le milieu; cette couliſſe qui joue du même ſens que le piſton, & qui ſert à communiquer le mouvement au régulateur & au robinet d'injection, enfile ſur le rez-de-chauſſée du premier étage un bout de madrier M qui la maintient toujours verticale en deſcendant dans un trou N pratiqué au-deſſous.

FIG. 1.

De quelle maniere le mouvement ſe communique au régulateur.

1309. La fente de la couliſſe eſt traverſée d'un boulon P revêtu de cuir, au-deſſus duquel vient ſe rendre par intervalle la branche EF; à l'inſtant que le piſton étant parvenu au bas du cylindre, le régulateur s'ouvre pour laiſſer paſſer la vapeur, alors le balancier éleve la couliſſe L, & le boulon P fait monter l'extrêmité de cette branche, par conſéquent tourner l'aiſſieu qui releve le poids K. Pendant ce tems-là l'étrier reſte immobile: mais auſſi-tôt que le poids a paſſé la verticale, il imprime en tombant du côté du cylindre une force à la griffe D, qui frappe le boulon *e*, & chaſſe cet étrier en arriere, & par conſéquent la manivelle *i* qui ferme alors le régulateur.

Lorſque la couliſſe monte & qu'elle entraîne avec elle la branche EF, l'aiſſieu en tournant & la chûte du poids, font monter auſſi l'autre branche GH; peu après cette couliſſe venant à deſcendre, une

une *cheville* Q attachée à une de ſes faces ramene la branche GH, qui fait tourner l'aiſſieu & releve le poids, lequel tombant enſuite de la gauche à la droite, la griffe R pouſſe en avant l'étrier qui étoit reſté immobile pendant la deſcente de la couliſſe; alors la manivelle ouvre le régulateur.

Détail des pieces qui appartiennent au robinet d'injection.

1310. A la *clef* du robinet d'injection *g* eſt attachée une *patte d'écreviſſe h*, dans laquelle agit une *broche* de fer *ab* qui la frappe par un mouvement de *vibration*, tantôt d'un ſens & tantôt de l'autre, pour ouvrir & fermer le paſſage de l'eau. Cette broche eſt attachée à l'*aiſſieu* d'un levier *cd*, ſervant de *queue* à un marteau *f*, échancré par le deſſus pour s'accrocher par intervalle dans une *coche* faite à un morceau de bois *ei*, qui paſſe au travers d'une fente pratiquée au poteau pendant S qui ſoutient le levier *cd*; cette piece, que je nomme *déclit*, eſt mobile à ſon extrêmité *e*, autour d'un boulon, & l'autre *i* eſt ſuſpendue en l'air par une ficelle attachée au plancher. FIG. 1 & 6.

Explication du mouvement qui fait agir le robinet d'injection.

1311. Pour juger de la maniere dont ces pieces agiſſent, on ſaura qu'à l'une des faces de la couliſſe oppoſée à celle dont nous venons de parler (1309), eſt auſſi attachée une *cheville* T qui ſouleve le *déclit* lorſque la couliſſe eſt parvenue à ſa plus haute élevation; alors le marteau *f* ceſſant d'être ſoutenu, tombe avec violence, le levier *cd* fait la baſcule, & la broche *ab* agiſſant en arriere contre la patte *h* ouvre le robinet d'injection; pendant que l'eau jaillit dans le cylindre, le marteau repoſe ſur un bout de planche horiſontale V. Après cette opération la couliſſe L redeſcend, & la cheville T qui a levé le *déclit*, rencontrant en chemin le levier *cd*, l'oblige de deſcendre pour relever le marteau & le remettre dans ſa premiere ſituation. Comme cela ne ſe peut faire ſans que la broche *ab* ne pouſſe en avant la patte *h* pour la ramener d'où elle étoit partie, le robinet d'injection ſe referme juſqu'au moment où la couliſſe L remontant de nouveau, recommence la premiere manœuvre.

Concluſion ſur le jeu du régulateur, & celui du robinet d'injection.

1312. Il ſuit de ce que l'on vient d'expoſer que lorſque la couliſſe deſcend, elle ferme le robinet d'injection: immédiatement après elle ouvre le régulateur dans l'inſtant qu'elle eſt parvenue au plus bas; au contraire, lorſqu'elle eſt montée au plus haut, le robinet d'injection s'ouvre, & le régulateur ſe referme. Ainſi ces deux effets, quoique contraires, entretiennent toujours la machine dans un mouvement régulier, lorſque la chaleur du fourneau eſt uniforme, & que toutes les autres pieces agiſſent comme il faut. On remarquera que l'on rend le jeu du régulateur, & celui du ro-

binet d'injection, plus ou moins prompt, ſelon que les chevilles qui accompagnent la couliſſe ſont placées plus ou moins hautes, c'eſt pourquoi les faces de la couliſſe ſont percées de pluſieurs trous.

Explication de la manœuvre que l'on exécute pour commencer à faire jouer la machine.

1313. Pour donner le premier mouvement à la machine, on commence par remplir d'eau la chaudiere (1301), enſuite on allume le feu, on fait jouer la pompe aſpirante, afin de remplir la cuvette d'injection s'il eſt néceſſaire (1302), & on laiſſe couler l'eau dans la coupe (1293). Immédiatement après, celui qui dirige la machine vient voir dans quelle ſituation eſt le régulateur, afin de l'ouvrir s'il étoit fermé, ayant la facilité, à l'aide d'une *manivelle*, de donner à l'aiſſieu les mêmes mouvemens que lui imprime la couliſſe; la vapeur paſſe dans le cylindre, en chaſſe l'air & échauffe l'eau qui eſt au-deſſus du piſton que l'on fait couler dans le godet pour remplir les tuyaux par leſquels ſe décharge l'eau d'injection. (1307).

Pendant cette manœuvre la machine reſte en repos juſqu'au moment qu'elle même donne le ſignal pour avertir qu'il eſt tems de la faire jouer; ce qui ſe manifeſte, lorſque la vapeur ayant acquis aſſez de force pour ouvrir la ſoupape qui fermoit ſa cheminée (1300), en ſort avec détonation. Auſſi-tôt le Directeur qui attend ce moment, prend de la main droite la queue du marteau (1311) & de la gauche la branche (1309), & ferme le régulateur; un inſtant après il ouvre le robinet d'injection qui fait deſcendre le piſton, enſuite le régulateur s'ouvre de lui-même, & la machine continue de jouer ſans qu'on y touche, par l'effet alternatif de la vapeur & de l'eau froide, ſecondé du poids de l'atmoſphere (1282).

Le mouvement de la machine doit être réglé de maniere qu'elle ne produiſe que 15 impulſions par minute.

1314. Quand le mouvement de la machine eſt bien réglé, elle produit ordinairement 15 impulſions dans une minute, & il ne faut pas qu'elle en donne davantage. J'ai obſervé à celle de Freſnes que le piſton mettoit autant de tems à monter qu'à deſcendre.

Conjecture ſur la maniere dont ſe forme la vapeur.

1315. Pour dire un mot de la maniere dont ſe forme la vapeur, il faut conſidérer que le feu, ou *la matiere ſubtile* pénetre le fond de l'alambic, paſſe au travers de ſes pores, & met les parties de l'eau dans une extrême agitation. Comme cette *matiere* ne cherche qu'à s'étendre pour ſe mouvoir avec plus de liberté, elle s'éleve au-deſſus de l'eau dont elle entraîne les *parcelles* les plus déliées en une quantité prodigieuſe, qui font effort de toutes parts pour s'échapper avec une force qui devient ſupérieure à celle du poids de l'air. Quand le régulateur vient à s'ouvrir, la vapeur entre avec impétuoſité dans le cylindre, pouſſe le piſton devant elle, juſqu'à l'inſtant où l'injection d'eau froide condenſe cette vapeur, & anéantit ſa

force ; alors elle retombe en eau (1282), laiſſe le cylindre vuide, & donne lieu au poids de l'atmoſphere de ramener le piſton. Ainſi l'on voit que dans l'eſpace de deux ſecondes que dure l'injection, 9 ou 10 pintes d'eau froide (1293) condenſent environ 4 muids de vapeur, & que pendant ce tems il s'en forme une aſſez grande quantité pour relever le piſton de nouveau, auſſi-tôt que le régulateur lui en laiſſe la liberté. On ſe rappellera (1306), que quand cette vapeur entre dans le cylindre, elle refoule l'eau qui ſe trouve au fond, en fait paſſer environ ſept pintes dans le rameau de décharge, & trois dans l'alambic.

Expériences de M. Deſaguliers, ſur la force de la vapeur de l'eau bouillante.

1316. J'ai appris du célebre Docteur *Deſaguliers*, qui a fait beaucoup d'expériences ſur les Machines à feu, que la *force de la vapeur dans le cylindre ne ſurpaſſoit jamais d'un dixieme la réſiſtance de l'air extérieur, ni n'étoit jamais d'un dixieme plus foible, mais qu'elle ſe maintenoit entre ces deux proportions ;* cette force changeant continuellement, ſelon que le piſton eſt plus ou moins élevé, c'eſt-à-dire, ſelon que l'eſpace eſt plus ou moins grand.

1317. Ce Savant Phyſicien prétend auſſi que *la vapeur de l'eau bouillante eſt environ quatorze mille fois plus rare que l'eau froide, & qu'alors elle eſt auſſi forte par ſon reſſort que l'air commun, quoique ſeize fois plus rare.*

Calcul de la puiſſance qui fait agir cette machine.

1318. Pour inſinuer de quelle maniere on doit faire le calcul de cette machine, il faut conſidérer que le diametre du piſton étant de 30 pouces (1288), ſa ſuperficie ſera de $4\frac{5}{16}$ pieds quarrés, qu'il faut multiplier par 2205 livres, peſanteur d'une colonne d'air d'un pied quarré de baſe (791), il viendra 10828 livres pour l'action de l'air extérieur ſur le piſton, par conſéquent pour la force de la puiſſance motrice.

Les pompes aſpirantes élevant enſemble une colonne d'eau de 7 pouces de diametre (1285) ſur 46 toiſes ou 276 pieds de hauteur, on trouvera que cette colonne peſe 5165 livres.

La pompe de la bâche faiſant monter l'eau à 36 pieds de hauteur (1284) & ſon diametre n'étant que de 6 pouces, le poids de la colonne d'eau que refoule ſon piſton ſe trouve de 495 livres ; mais comme le bras du levier de ce piſton n'eſt que les trois cinquiemes de celui de la puiſſance, il faut réduire ce poids en le multipliant par $\frac{3}{5}$ pour avoir 297 livres, qui étant ajouté à 5165 livres, il viendra 5462 livres, à quoi il faut encore ajouter le poids des attirails qui répondent au puits & à la bâche, que j'eſtime d'environ 4000 livres, déduction faite de celui du *grand piſton*. Ainſi la puiſſance aura à ſurmonter une réſiſtance d'environ 9165 livres ; & comme

cette puiſſance a été trouvée de 10828 livres, elle ſera donc ſupérieure de 1663 livres au poids qu'elle doit enlever.

La puiſſance doit être au poids, comme 6 eſt à 5, pour prévenir tout inconvénient.

1319. Il eſt à remarquer que cette ſupériorité de la puiſſance ſur le poids, qui doit être au moins dans le rapport de 6 à 5, eſt néceſſaire, non-ſeulement pour rompre l'équilibre, mais encore parce que le piſton n'eſt point chaſſé tout-à-fait par la peſanteur *abſolue* de l'air, puiſqu'il fuit & ſe dérobe en partie à ſon impreſſion. D'ailleurs il ne faut pas compter que quand le piſton deſcend, le cylindre ſoit entierement privé d'air groſſier, puiſque l'eau d'injection en entraîne toujours une certaine quantité, qui ſe trouvant renfermée dans un plus petit eſpace, à meſure que le piſton deſcend, pourroit acquérir une force de reſſort aſſez ſenſible pour lui réſiſter.

Quand la machine produit 15 impulſions par minute, elle épuiſe 155 muids d'eau par heure, élevée à 46 toiſes.

1320. Ayant dit (1314) que la machine produiſoit 15 impulſions par minute, lorſque ſon mouvement eſt bien réglé, on voit que dans le même tems elle épuiſe une colonne d'eau de 15 toiſes de hauteur ſur 7 pouces de diametre, ou 155 muids d'eau par heure, dont environ 25 pintes montent à chaque impulſion dans la cuvette ſupérieure, & le reſte ſe décharge dans un petit canal (*Fig.* 20) qui la conduit où l'on veut.

Cette machine produit quatre fois plus d'effet que 50 chevaux dirigés par 20 hommes, appliqués à une machine ordinaire.

1321. Avant que cette machine fût établie à Freſnes, il y en avoit une d'une autre eſpece, qui agiſſoit jour & nuit ſans diſcontinuer, & pour laquelle il falloit entretenir 20 hommes & 50 chevaux, au lieu que préſentement on épuiſe en 48 heures toute l'eau que les ſources peuvent fournir dans le courant de la ſemaine, & deux hommes ſuffiſent pour veiller tour à tour au gouvernement de la machine.

Quelle eſt la quantité de charbon ou de bois pour l'entretien du fourneau, pendant 24 heures.

1322. Le fourneau conſomme en 24 heures deux muids de charbon de terre, chacun contenant environ 14 pieds cubes, ou deux cordes de bois, chacune de 8 pieds de longueur ſur 4 de largeur & autant de hauteur.

J'ajouterai que dans la deſcription précédente, je me ſuis écarté en quelques endroits de ce qu'on a ſuivi à Freſnes, pour expoſer les choſes, non pas tout-à-fait comme elles ont été exécutées, mais comme elles auroient dû l'être, ſans cependant avoir rien changé d'eſſentiel.

Concluſion ſur l'excellence de cette machine.

1323. Il faut avouer que voilà la plus merveilleuſe de toutes les machines, & qu'il n'y en a point dont le méchaniſme ait plus de rapport avec celui des animaux. La chaleur eſt le principe de ſon mouvement; il ſe fait dans ſes différens tuyaux une circulation, comme celle du ſang dans les veines, ayant des valvules qui s'ou-

vrent & se ferment à propos; elle se nourrit, s'évacue d'elle-même dans des tems réglés, & tire de son travail tout ce qu'il lui faut pour subsister.

1324. On remarquera que si l'on avoit à élever l'eau d'une source à une hauteur considérable au-dessus de l'horison, dans des tuyaux posés verticalement, ou sur un plan incliné, on pourroit se servir de la machine, en disposant des pompes aspirantes & refoulantes, de la maniere la plus convenable à la situation du lieu.

Cette machine peut aussi servir à élever l'eau aussi haut que l'on voudra au-dessus de l'horison.

1325 Nous avons insinué dans l'article 905, que lorsqu'un fluide faisoit mouvoir des pompes à l'aide d'une machine où le bras de levier du poids est égal à celui de la puissance, il arrivoit toujours que *la superficie du piston, celle d'une des aubes, la chûte capable de la vîtesse respective du fluide, & la hauteur où l'on veut élever l'eau, composoient quatre termes réciproquement proportionnels.* Or pour peu qu'on y fasse attention, on verra que cette regle s'appliqueroit naturellement aux machines à feu, dans le goût des précédentes, si l'on pouvoit faire abstraction du poids des attirails, & qu'il ne fût pas question de la pompe refoulante qui est dans la bâche, parce que la superficie du piston qui joue dans le cylindre peut être regardée comme celle d'une aube, & le poids de la colonne d'air, ou celui d'une colonne d'eau de $31\frac{1}{2}$ pieds de hauteur (791) comme la force absolue du fluide, qu'on n'auroit plus qu'à multiplier par $\frac{5}{6}$, pour avoir sa force relative (1319). Alors le *produit du quarré du diametre du grand piston par la hauteur réduite de la colonne d'eau, équivalente au poids de l'atmosphere, seroit égal au produit du quarré du diametre du petit piston, qui doit aspirer ou refouler l'eau, par la hauteur où elle doit être élevée.* Si les tourillons, ou le centre de mouvement du balancier n'étoit pas dans le milieu, il faudroit que ces deux produits fussent dans la raison réciproque des bras de levier du grand & du petit piston; mais comme cette formule ne peut être d'aucun usage, puisqu'elle ne renferme point plusieurs circonstances auxquelles il faut avoir égard, cherchons à en établir une autre plus complette, & ne regardons ce que je viens de dire, que comme une introduction à ce qui suit.

La théorie des machines à feu à l'égard du calcul de leurs effets, est la même que celle des Pompes mues par un courant.

Il est essentiel d'observer que nous supposons que la valeur de toutes les lignes que nous allons désigner par des lettres, est exprimée en pieds ou fractions de pieds.

1326. Nommant P, le poids du grand piston; D, son diametre, ou celui du cylindre, & a son bras de levier; p, le poids des attirails qui répondent au petit piston; d, son diametre, & b son

Formule générale pour déterminer les dimensions des

principales parties des machines à feu.

bras de levier; h, la hauteur où l'eau doit être élevée; Q, le poids de la colonne d'eau que la pompe de la bâche doit refouler, y compris le poids des attirails de son piston; R, son bras de levier; q, le poids de la coulisse, & r, son bras de levier. Cela posé, considérez que $\frac{11}{14}$ DD, exprimera la superficie du cercle du grand piston, qui étant multipliée par 2205 livres, pesanteur d'une colonne d'air d'un pied quarré de base (791), & le produit par $\frac{5}{6}$, pour n'avoir égard qu'à la force relative de la puissance (1319), on aura $\frac{11}{14}$ DD $\times$ 2205 liv. $\times \frac{5}{6} +$ P, ou $\frac{5775}{4}$ DD + P pour l'expression de la puissance, jointe au poids du grand piston. Multipliant ces deux termes par leur bras de levier (a), & ajoutant au produit celui du poids de la coulisse par son bras de levier, on aura $a \times \frac{5775}{4}$ DD + P + qr pour le moment de la puissance.

Présentement, considérez que l'on a aussi $\frac{11}{14}$ ddh pour l'expression du volume de la colonne d'eau que le petit piston doit aspirer ou refouler, dont on aura le poids en le multipliant par 70 livres, pesanteur d'un pied cube d'eau. Si l'on joint à ce produit le poids p des attirails, & qu'on multiplie cette quantité par le bras de levier b, il viendra $b \times \frac{11}{14}$ $ddh \times$ 70 liv. $+ p$, à quoi il faut encore ajouter QR, produit du poids de la colonne d'eau de la bâche par son bras de levier, il viendra $b \times 55ddh + p +$ QR pour le moment du poids, qui donne avec celui de la puissance $a \times \frac{5775}{4}$ DD + P + $qr = b \times 55ddh + p +$ QR, qui est une formule générale, par le moyen de laquelle on pourra toujours connoître celle des grandeurs variables, que l'on ignorera, moyennant la connoissance des autres; ce qui sera facile, pour peu que l'on ait le calcul familier. A l'égard des frottemens, comme leur résistance dans cette machine est presqu'insensible, n'ayant guere lieu qu'aux tourillons du balancier, dont le rayon est extrêmement petit par rapport au bras de levier de la puissance, j'ai cru devoir les regarder comme nuls, pour ne point rendre cette formule trop composée.

On peut rendre la formule précédente plus simple pour les principaux cas où l'on en peut faire usage.

1327. Pour exposer les principaux cas où l'on peut faire usage de la formule précédente, je considere que des grandeurs qui la composent, il y en a plusieurs qui sont déterminées par la disposition qu'il faudra donner à la machine. Par exemple, on connoîtra toujours le bras de levier & le poids de la colonne d'eau qu'il faudra élever dans la cuvette d'injection (QR), la position des

tourillons du balancier, par conſéquent le rapport des deux parties de ſa longueur (a, b), le poids des attirails (p) des pompes aſpirantes, dès qu'on ſaura la profondeur du puits d'où l'on voudra tirer l'eau, la peſanteur du grand piſton (P) & celle de la couliſſe (r); qui ſont deux termes qu'il convient de ſupprimer de la formule, pour la rendre plus ſimple, ſoit en les ſouſtrayant d'abord du poids des attirails, ou en en faiſant abſtraction pour avantager la puiſſance agiſſante. D'autre part, comme il eſt naturel de placer les tourillons dans le milieu du balancier, à moins qu'on ne ſoit abſolument contraint d'en uſer autrement, pour rendre le bras de levier de la puiſſance plus grand que celui du poids; il ſuit qu'en ſuppoſant $aP + qr = o$, & $a = b$, on aura $\frac{5775}{4} DD = 55ddh + p + \frac{QR}{a}$ pour la formule réduite, dans laquelle il n'y a plus que les grandeurs D, d, h, qui ſoient ſujettes à varier dans les trois cas ſuivans.

Déterminer le diametre du cylindre, en connoiſſant celui du piſton des pompes, & la hauteur où l'on veut élever l'eau.

1328. Je ſuppoſe qu'il eſt queſtion d'élever l'eau d'un puits dont on connoît la profondeur, ou de la refouler à une certaine hauteur (h) au-deſſus de l'horiſon (1324), que l'on a déterminé le diametre des pompes (d) afin que la machine puiſſe fournir une certaine quantité d'eau proportionnée à la levée des piſtons & au nombre des impulſions par minute, & qu'il s'agit de ſavoir le diametre du cylindre; alors on n'aura qu'à ſuppoſer $D = x$, & dégager cette inconnue pour avoir $x = \frac{\sqrt{220ddh + 4p + \frac{4QR}{a}}}{5775}$.

Trouver le diametre des pompes, en connoiſſant la hauteur où elles doivent élever l'eau & le diametre du cylindre.

1329. Si le diametre du cylindre étoit déterminé, de même que la hauteur où l'on veut faire monter l'eau, ſoit en la tirant du fond d'un puits, ou en la refoulant ſur une éminence, & qu'on voulût connoître le diametre du piſton, il faudra ſuppoſer $d = x$, & dégager cette inconnue pour avoir $\frac{\sqrt{\frac{5775}{4} DD - p - \frac{QR}{a}}}{55h} = x$.

Le diametre du cylindre étant donné & celui des pompes, connoître la hauteur où l'eau pourra être élevée.

1330. Enfin, ſi le diametre du cylindre étoit encore donné, & celui du piſton qui doit aſpirer ou refouler l'eau, & qu'on voulût ſavoir à quelle hauteur on pourra la faire monter, il faudra encore ſuppoſer $h = x$, & dégager l'inconnue pour avoir $\frac{\frac{5775}{4} DD - p - \frac{QR}{a}}{55dd} = x$.

La grandeur du récipient

1331. Il convient de remarquer que dans le premier cas, lorſ-

doit être proportionnée à la groſſeur du cylindre, afin d'avoir une quantité de vapeur ſuffiſante pour le jeu de la machine.

qu'on ſera obligé de faire le diametre du cylindre au-deſſus de 30 pouces (1288), il faudra augmenter la capacité du récipient à proportion de celle du cylindre, afin d'avoir une aſſez grande quantité de vapeur, pour que la machine puiſſe être capable d'environ 15 impulſions par minute (1328), autrement elle en donneroit moins. A l'égard des accroiſſemens que la capacité du cylindre peut recevoir, je connois des machines à feu dont le grand piſton a 36 pouces de diametre, & j'eſtime qu'au beſoin, on peut lui en donner juſqu'à 40, & par conſéquent rendre la machine capable d'un effet double de celui dont nous avons parlé dans l'article 1321.

La machine de M. Papin, *quoiqu'inférieure à celle de M.* Saveri, *peut avoir ſon utilité, en la perfectionnant.*

1332. Quand j'ai inſinué que la machine de M. *Saveri* étoit beaucoup plus parfaite que celle de M. *Papin*, je n'ai pas prétendu que cette derniere ne pût être d'aucun uſage, je penſe au contraire, que ſi l'on parvenoit à la faire jouer de façon qu'elle ſe procurât à elle-même, comme la précédente, les différens mouvemens dont elle peut avoir beſoin, on pourroit s'en ſervir utilement dans bien des occaſions. Car quoique celle de M. *Saveri* ait cet avantage, il ne paroît pas qu'elle puiſſe exercer d'autres fonctions que d'élever l'eau par le moyen des pompes, au lieu que l'objet de M. *Papin* eſt principalement de faire tourner une roue de moulin, pour donner le mouvement à des meules, chapelets, pilons, pompes, &c. dans les endroits où l'on eſt privé d'un courant ou d'une chûte d'eau, & où en récompenſe le bois ſe trouve commun; c'eſt pourquoi j'ai cru devoir rapporter ici ſes idées, afin qu'elles contribuent à en faire naître d'autres à ceux qui voudront pouſſer les choſes plus loin.

PLAN. 4. FIG. 1.

Deſcription de la machine de M. Papin.

1333. La principale piece de cette machine eſt un vaiſſeau A, ayant la figure d'une ſphéroïde, dont l'axe eſt ſuppoſé de 26 pouces, & le diametre de ſon grand cercle de 20, placé dans un fourneau, de maniere que le feu puiſſe l'entourer de toutes parts. Ce vaiſſeau, qui eſt de cuivre, & que je nomme *alambic*, doit contenir de l'eau juſqu'aux deux tiers que l'on introduit par un tuyau B. A cet alambic eſt adapté un ſyphon CD, qui répond à un cylindre GH de 20 pouces de diametre ſur autant de hauteur, tenant lieu de corps de pompe, dans lequel joue un piſton de cuivre ST, creux en dedans, afin de pouvoir flotter ſur l'eau. Ce cylindre, qui n'a point de fond, a ſa baſe adaptée avec un tuyau recourbé IKO, qui paſſe à travers le fond d'un autre cylindre MN de 3 pieds de hauteur ſur 23 pouces de diametre, fermé de toutes parts, pour que l'air extérieur ne puiſſe s'y introduire.

On

On remarquera que le même tuyau eſt accompagné d'un vaiſſeau Y, évaſé par le haut, ſervant à introduire de l'eau dans le corps de pompe au-deſſous du piſton ST, ſans jamais pouvoir paſſer au-deſſus.

Explication du jeu de cette machine.

1334. Pour entendre le jeu de cette machine, on ſaura qu'à l'endroit E eſt un robinet que l'on ouvre par intervalle pour laiſſer paſſer la vapeur de l'alambic dans la partie ſupérieure du corps de pompe; là elle preſſe le piſton qui refoule l'eau, laquelle ne pouvant rentrer dans le vaiſſeau Y, parce qu'elle eſt arrêtée par une ſoupape placée à l'endroit R, monte dans le tuyau IKO pour aller ſe décharger dans le cylindre MN.

Auſſi-tôt que le piſton eſt parvenu au bas du corps de pompe, on ferme le robinet E pour interrompre le paſſage de la vapeur, & l'on en ouvre un autre P, placé vers le ſommet du corps de pompe, par lequel s'évacue celle qui a agi; alors le poids de l'eau dont le vaiſſeau Y eſt toujours rempli, ouvrant la ſoupape qui eſt au fond, s'introduit de nouveau dans la pompe GH, en faiſant monter le piſton, ſans que l'eau contenue dans le tuyau KO y contribue en rien, parce qu'il y a à l'endroit K une autre ſoupape qui l'empêche de deſcendre.

Après que l'eau qui eſt paſſée dans le corps de pompe s'eſt miſe en équilibre avec celle du vaiſſeau Y, on ferme le robinet P, & l'on ouvre l'autre E; alors la vapeur vient de nouveau preſſer le piſton qui refoule, comme en premier lieu, l'eau dans le tuyau KO pour ſe rendre dans le cylindre MN, où elle ne peut s'introduire, ſans ſurmonter la réſiſtance du reſſort de l'air dont elle vient occuper la place; car cet air ne pouvant s'échapper par aucun endroit, augmentera la force de ſon reſſort dans la raiſon inverſe de la diminution de ſon volume (813).

Selon les dimenſions que M. *Papin* a donné au cylindre MN, il contiendra 600 livres d'eau, par conſéquent 200 livres ſur chacun des trois pieds de ſa hauteur; ainſi quand il ſera rempli juſqu'à la hauteur de 2 pieds, l'air y ſera réduit à n'occuper plus que le tiers de l'eſpace où il étoit renfermé d'abord, & aura acquis une force de reſſort capable de ſoutenir une colonne d'eau de 64 pieds de hauteur au-deſſus de ſa force ordinaire. Alors ſi l'on ouvre le robinet Q, & que l'eau vienne jaillir contre une ſurface, au premier inſtant elle fera une impreſſion équivalente au poids d'une colonne d'eau qui auroit pour baſe l'œil de la clef du robinet, & pour hauteur 64 pieds. Il eſt vrai qu'à meſure que l'eau ſortira, elle ſera chaſſée avec moins de vîteſſe, parce que la force

du reſſort de l'air s'affoiblira à proportion qu'il ſera moins reſſerré; mais comme, ſuivant M. *Papin*, il doit toujours y avoir dans le cylindre de l'eau ſur la hauteur d'un pied au moins, on voit que l'air n'occupera jamais dans ſa moindre condenſation que les deux tiers de l'eſpace où il a coutume d'être renfermé, & que dans cet état, ſa force ſera encore capable de ſoutenir le poids d'une colonne d'eau de 16 pieds de hauteur au-deſſus de celle de 32 pieds qu'il ſoutient ordinairement.

M. *Papin* prétend avoir tiré des expériences qu'il a faites, que la force de la vapeur ſera capable de pouſſer le piſton ST de bas en haut avec une force équivalente au poids d'une colonne d'eau de 96 pieds de hauteur; d'où ſouſtrayant la réſiſtance de l'air extérieur, égale au poids d'une colonne de 32 pieds, il reſte 64 pieds pour la hauteur de celle que le piſton pourroit refouler. Ainſi en admettant ſes expériences, la force de la vapeur ſera capable de contraindre l'air du cylindre MN à n'occuper plus que le tiers de l'eſpace qu'il occupoit auparavant, parce que le robinet E étant ouvert & l'autre P fermé, le piſton aura refoulé l'eau dans le cylindre juſqu'aux deux tiers de ſa hauteur.

M. *Papin* prétend encore que, lorſque le niveau de l'eau dans le vaiſſeau Y ſera élevé de 8 pouces au-deſſus du robinet P, & qu'elle pourra s'introduire dans la pompe par une ſoupape dont le diametre ſera de 8 pouces, cette eau remplira la pompe en une ſeconde de tems. Il ajoute auſſi que quand la ſoupape placée à l'endroit K aura 6 pouces de diametre, la force de la vapeur fera paſſer en moins d'une ſeconde de tems 200 livres d'eau dans le cylindre MN, d'où il conclut que la pompe pouvant ſe remplir en une ſeconde & ſe vuider dans le même tems, l'opération ne durera pas plus de deux ſecondes.

Comme la plus grande condenſation de l'air dans le cylindre ſera capable de ſoutenir une colonne d'eau de 64 pieds de hauteur, & que lorſqu'il ſera ſorti 200 livres d'eau par le tuyau Q, la force de l'air ſera réduite à ne pouvoir plus ſoutenir qu'une colonne de 16 pieds; il arrivera que ſa force moyenne ſera équivalente au poids d'une colonne d'eau qui auroit 40 pieds de hauteur, qui eſt la force ſur laquelle il faut compter pour eſtimer celle de l'eau qui ſortira par le tuyau Q, pour faire tourner la roue qui en recevra l'impreſſion.

Il eſt bon d'obſerver que M. *Papin* compte que l'eau qui ſort du cylindre pour faire tourner la roue, pourra être ramenée dans le vaiſſeau Y, de là paſſer dans le cylindre, pour jaillir ſur la roue

comme auparavant, c'eſt-à-dire qu'elle circulera continuellement, mais il n'en donne pas le moyen.

Pour donner plus de force à la vapeur, M. *Papin* propoſe d'introduire dans le corps de pompe au-deſſus du piſton des fers rouges qui demeureront ſuſpendus dans un tuyau V, fermé par en bas pour empêcher que l'eau n'y entre ; ainſi il faut concevoir que ce tuyau eſt adapté à un trou pratiqué au ſommet de la pompe, fermé par un couvercle L, & que le piſton eſt percé pour pouvoir gliſſer le long de ce tuyau ; mais les ſujétions que ces fers rouges occaſionneroient pour les renouveller fort ſouvent, me paroiſſant impraticables, je ne m'y arrêterai pas, & ſupprimerai tous les avantages que M. *Papin* croit pouvoir en tirer. Au reſte j'en ai aſſez dit ſur ſa machine, pour qu'on puiſſe en faire le parallele avec celle de M. *Saveri*, qui eſt le principal objet que je me ſuis propoſé. J'avois auſſi deſſein de rapporter le moulin à feu de M. *Amontons*, pour faire voir qu'il peut être appliqué bien plus commodément aux machines que ce que propoſe M. *Papin* ; mais comme ce moulin ſe trouve bien expliqué dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, année 1699, j'y renvoie ceux qui ſeront curieux de le connoître, pour ne m'occuper que de ce qui me reſte à dire ſur les différens moyens de tirer l'eau des puits fort profonds.

Explication du puits par lequel on tire le charbon des mines de Freſnes.

PLAN. 5. FIG. 1.

1335. J'ai dit (1285) qu'à cinquante ou ſoixante toiſes du puits qui répondoit à la machine à feu exécutée à Freſnes, il y en avoit un autre ſervant à tirer le charbon de la foſſe. On jugera de cette manœuvre en conſidérant la premiere figure de la Planche cinquieme, qui repréſente le profil de la partie ſupérieure du puits dont nous parlons, au-deſſus duquel eſt une poulie A, portant une chaîne à laquelle eſt ſuſpendu un ſeau, de la capacité d'environ 6 pieds cubes, qui ſert à enlever le charbon. Des chevaux attelés aux limons B, C, d'un arbre vertical DE, font filer la chaîne ſur un tambour FG, ayant la figure d'un cône tronqué, dont le diametre moyen eſt de 7 pieds. Quand le ſeau eſt parvenu au ſommet du puits, il fait ſonner un timbre qui avertit qu'il faut le vuider ; auſſi-tôt les chevaux s'arrêtent & ſe mettent d'eux-mêmes dans une ſituation oppoſée pour tourner d'un ſens contraire (728).

Les chevaux qui élevent le charbon, peuvent auſſi en même tems épuiſer les eaux de la mine.

1336. Il y a encore un autre puits dans le voiſinage de Freſnes ſervant en même tems à tirer le charbon & à épuiſer les eaux d'une foſſe ou mine, ſéparée de la précédente : pour cela, l'aiſſieu de l'arbre tournant DE eſt accompagné d'une manivelle H, qui communique ſon mouvement à un varlet KIL par le moyen de la chaſſe

PLAN. 5. FIG. 1. HI. Ce varlet, en s'inclinant à droite & à gauche, fait agir les piſtons de deux équipages M, N, de pluſieurs pompes aſpirantes, qui élevent l'eau ſans interruption, en la faiſant monter de cuvette en cuvette, comme dans l'article 1285. Toute la différence, c'eſt qu'ici le poids des attirails ſe trouvant en équilibre aux extrêmités du levier KL, n'oppoſe qu'une foible réſiſtance à la puiſſance, qui tire d'ailleurs un grand avantage de la longueur de ſon bras de levier, octuple du coude de la manivelle; mais auſſi les pompes ne jouent que fort lentement, leurs piſtons ne pouvant aſpirer qu'une fois à chaque tour de manivelle.

Autre maniere de faire mouvoir des pompes placées dans un puits. FIG. 2. 1337. La ſeconde figure repréſente une autre maniere de faire agir deux équipages de pompes dans le goût des précédentes, exécutés proche Valenciennes, pour épuiſer les eaux d'une nouvelle mine de charbon. On remarquera que la chaſſe AB de la manivelle A, fait agir deux varlets BDE, CFG par le moyen de la piece BC, dont les extrêmités jouent autour de deux boulons, & que ces varlets élevent alternativement tous les piſtons de chacun des équipages oppoſés.

On peut ſe ſervir de la force d'un courant pour épuiſer l'eau des mines. FIG. 3. 1338. Pour épuiſer les eaux des mines de cuivre qui ſont en Suede, & que l'on ne rencontre qu'à une profondeur extraordinaire, on emploie en pluſieurs endroits de ce Royaume la force des courans qui ſe trouvent quelquefois éloignés de plus d'une lieue du puits. On aura une idée de ce que l'on pratique dans ce cas, en conſidérant la troiſieme figure, où l'on ſuppoſe qu'un courant fait tourner la roue A, à l'aiſſieu de laquelle eſt une manivelle qui communique le mouvement à un varlet ECF par le moyen d'une bielle pendante CB. Ce varlet, qui eſt vertical & qui ſe meut ſur un aiſſieu D, tire alternativement deux chaînes EI, FK, ſoutenues de diſtance en diſtance par des balanciers H, portés ſur des chevalets R, comme à la machine de Marly ; ces chaînes tirent à elles alternativement la tête de deux autres varlets IGN, & KML, qui font mouvoir les tiges P, Q des piſtons qui répondent au puits. Ainſi l'on voit qu'il ne s'agit que de multiplier les chevalets & les balanciers autant qu'il eſt néceſſaire, & que l'axe de la roue peut avoir deux manivelles au lieu d'une, qui feront agir quatre équipages de pompes.

Maniere de tirer l'eau des puits domeſtiques, exécutée au château Darès. 1339 Pour parler auſſi des machines propres à tirer de l'eau des puits domeſtiques, la quatrieme figure en repréſente une exécutée au château *Darès*, à une lieue & demie de Dieppe, autrefois fort conſidérable par les citations qu'en fait Mezerai. Quoique le puits ſoit très-profond, on ne laiſſe pas, à l'aide de la machine,

d'en tirer commodément une quantité ſuffiſante d'eau pour la conſommation de la Garniſon, qui eſt nombreuſe en tems de guerre. Cette machine eſt compoſée d'un arbre vertical A, ayant au ſommet un pignon B, ſur lequel une corde fait un double tour ; cette corde qui paſſe ſur les poulies qui répondent au puits, porte un grand ſeau attaché à chacune de ſes extrêmités, de maniere que quand l'un monte, l'autre deſcend. PLAN. 5. FIG. 4.

Pour donner le mouvement au pignon, ſon arbre eſt accompagné d'un aſſemblage de pluſieurs pieces de charpente, ſervant à entretenir ſix bras de leviers, chacun de 7 ½ pieds de longueur : or comme le rayon du pignon autour duquel s'enroule la corde n'a que 14 pouces, il ſuit que la puiſſance n'eſt que la ſixieme partie du poids ; ainſi appliquant ſur l'étendue d'un pied un homme à chaque levier, dont la force ſoit eſtimée de 25 livres, ils pourront enſemble élever 13 pieds cubes d'eau ; ce qui fait voir qu'au beſoin chaque ſeau pourroit contenir un muid & demi d'eau.

Autre maniere plus ſimple en uſage dans les Pays-Bas.

1340. La machine repréſentée par la ſixieme figure, remplit le même objet que la précédente, mais d'une maniere plus ſimple, n'étant compoſée que d'un treuil accompagné de deux manivelles, c'eſt pourquoi je ne m'y arrête pas, & me contenterai de dire que cette maniere de tirer l'eau des puits eſt fort en uſage dans les Pays-Bas. FIG. 6.

Deſcription d'une machine pour le même uſage, exécutée au château de Guiſe.

1341. Les figures 6, 7 & 8 montrent encore une maniere de tirer l'eau d'un puits fort profond, exécutée au château de Guiſe. Pour en juger, on ſaura que la margelle du puits, élevée de 8 ou 10 pouces au-deſſus du rez-de-chauſſée, porte un chaſſis CD, ſur lequel ſont aſſemblés quatre poteaux I, dont il y en a deux poſés aux endroits G, G, entretenus par la traverſe K, ſur laquelle ſont deux montans L, L, portant chacun une poulie N de 9 pouces de diametre. Au milieu de l'entretoiſe E eſt une crapaudine d'un arbre tournant F, ayant un pignon H, ſur lequel la corde du puits fait un tour, & de-là vient paſſer ſur les deux poulies N, N. Enfin aux extrêmités de cette corde ſont ſuſpendus des ſeaux qui montent & deſcendent alternativement lorſqu'on fait tourner le pignon H par le moyen du levier M attaché à ſon arbre. PLAN. 5. FIG. 6, 7 & 8.

Ne voulant rien laiſſer à deſirer ſur les différens moyens de tirer l'eau des puits forts profonds, voici encore de nouveaux exemples, dont on pourra faire uſage ; il eſt vrai que ce ſujet eſt aſſez ingrat, mais je ſacrifie à ſon utilité la ſatisfaction que je pourrois trouver à en traiter d'autres plus ſuſceptibles de réflexions curieuſes.

Application du tympan pour tirer l'eau d'un puits.

PLAN. 4.

FIG. 2, 3, 4 & 6.

1342. La ſixieme figure de la quatrieme Planche repréſente un puits couvert d'un chapiteau, ſoutenu par 8 poteaux poſés ſur des dés de pierres de taille, dans leſquelles ils ſont un peu encaſtrés. Au-deſſus de ce puits eſt un treuil ſervant d'aiſſieu à un *tambour* B de 3 pieds de diametre, ſur lequel une corde qui aboutit à deux grands ſeaux, fait un tour : à l'une des extrêmités de ce treuil eſt une roue creuſe ou *timpan* A, de 13 pieds de diametre ſur 30 pouces de largeur, afin que deux hommes y puiſſent marcher de front, comme on fait dans celles des grues. On a encaſtré dans la margelle du puits deux pieces de bois F, pour porter les *biais c* échancrés en portion de cercle, comme on le voit exprimé dans la quatrieme figure, pour recevoir l'eau des ſeaux, & la porter dans des auges de pierres D, qui ſont couvertes & garnies chacune d'un robinet E.

Pour qu'un des ſeaux G ſe vuide de lui-même tandis que l'autre puiſe, chacun eſt ſuſpendu par deux tourillons à une anſe placée vers le milieu de ſa hauteur, de maniere cependant que la partie d'en bas ſe trouve plus peſante que celle d'en haut, à laquelle on a attaché un demi-cercle de fer, ſervant à accrocher le ſeau auſſi-tôt qu'il eſt arrivé au ſommet du puits. Cependant comme il eſt difficile d'agencer le crochet, de maniere qu'il ne ſe perde beaucoup d'eau quand le ſeau commence à s'incliner, il me paroît que le demi-cercle dont nous parlons ſeroit mieux placé vers ſon milieu qu'au ſommet; on jugera de la différence de ces deux manœuvres, en conſidérant les figures 2 & 3, qui en expriment l'effet en grand.

La figure 5 eſt un château d'eau qui montre de quelle maniere on peut diſtribuer les eaux d'une ſource aux différens quartiers d'une ville; mais comme ce ſujet appartient au quatrieme chapitre, & que cette figure ne remplit point exactement ſon objet, je prie le Lecteur d'en faire abſtraction, l'ayant donné à graver dans un tems où je n'avois pas ſur la diſtribution des eaux au Public, toutes les connoiſſances que j'ai acquiſes depuis.

Deſcription de la machine dont on ſe ſert proche d'Angers, pour épuiſer l'eau des carrieres d'ardoiſes.

1343. On trouve dans le Traité d'Architecture de *Savot*, la deſcription d'une machine dont on ſe ſert proche d'Angers pour épuiſer l'eau des carrieres d'ardoiſe; cet Auteur fait un grand cas de cette machine, & il dit *qu'il n'en trouve point de plus aiſée ni de plus grande exécution, un cheval tirant d'un puits de 22 toiſes de profondeur 30 muids d'eau par heure.* Il eſt ſurprenant qu'après ce éloge il n'en ait point rapporté le deſſein, ſe contentant d'en donner le devis, qu'il dit avoir été dreſſé pour M. le Préſident *Jeannin;*

c'eſt ſur ce devis que j'ai tracé la figure troiſieme de la ſixieme Planche, dont voici l'explication.

Cette machine eſt compoſée d'un rouet horiſontal B, dont l'arbre tournant A ſoutient un limon C de 14 pieds de longueur; ce rouet, qui a 12 pieds de diametre, a ſa circonférence accompagnée de 80 dents, qui s'engrainent dans une lanterne verticale F de 7 pieds de diametre, ayant 40 fuſeaux. L'aiſſieu D de cette lanterne a 10 pouces en quarré ſur 28 pieds de longueur, & ſert à faire tourner une double fuſée E de 3 pieds de diametre, ſur laquelle filent alternativement les deux cordes qui ſont attachées aux ſeaux H, dont la premiere figure repréſente la diſpoſition, lorſqu'ils ſont prêts à s'accrocher pour ſe vuider dans l'auge G. PLAN. 6. FIG. 3.

1344. Voici encore une machine fort commode pour tirer l'eau d'un puits, exécutée à S. Quentin, dans la maiſon d'un particulier; elle eſt compoſée d'un treuil E, ayant dans le milieu une fuſée F de 12 pouces de diametre, ſur laquelle la corde, qui répond aux deux ſeaux G, fait un double tour. Ce treuil eſt accompagné d'une roue dentée D de 3 pieds de diametre, qui s'engraine avec une lanterne C d'un pied, dont l'aiſſieu porte une volée B pour entretenir l'uniformité du mouvement que la puiſſance communique à une manivelle A de 12 pouces de coude. *Machine pour tirer l'eau d'un puits, exécutée à S. Quentin.* PLAN. 6. FIG. 4.

Suivant ces dimenſions, trois tours de la manivelle en feront faire un à l'aiſſieu, & le ſeau montera d'un pied. Quant au rapport de la puiſſance au poids, on voit qu'il eſt comme 1 à 6; ainſi un homme peut aiſément élever deux pieds cubes d'eau. On n'a point marqué dans la figure les pieces qui ſoutiennent cette machine, parce qu'il ſuffiſoit d'en faire voir le méchaniſme, & qu'il eſt aiſé de les imaginer.

1345. La ſeconde figure repréſente une maniere de tirer l'eau des puits, fort en uſage en Eſpagne pour arroſer les jardins. Il faut être prévenu qu'en ce Royaume les puits des jardins, qui n'ont qu'environ 36 pieds de profondeur, ſont de figure elliptique, le grand axe ayant 12 pieds & le petit 4; qu'il y a une terraſſe circulaire de 7 à 8 toiſes de diametre ſur 4 à 5 pieds de hauteur au-deſſus du rez-de-chauſſée, revêtue de maçonnerie. *De quelle maniere on tire en Eſpagne l'eau des puits pour arroſer les jardins.* PLAN. 6. FIG. 2.

Au centre de cette terraſſe eſt un arbre tournant C, ſervant d'aiſſieu à un rouet horiſontal A de 12 pieds de diametre, accompagné de 55 chevilles, tenant lieu de dents, qui s'engrainent avec celles d'un ſecond rouet vertical B, ayant 10 pieds de diametre, placé dans le puits E; les chevilles de ce dernier ont 24 pouces de longueur, & ſaillent des deux côtés des jantes de 7 pouces d'une

part, pour recevoir l'impreſſion du rouet horiſontal, & de 13 de l'autre pour porter un chapelet avec lequel on puiſe l'eau. Ce chapelet, qui trempe d'environ 3 pieds dans le puits, eſt compoſé de deux groſſes cordes faites ordinairement avec du jonc du pays, éloignées de 3 pouces l'une de l'autre, ſur leſquelles ſont attachés par les deux bouts des pots de terre faits exprès, ou des petits barrillets de bois d'un pied de hauteur ſur 5 pouces de diametre, éloignés de 6 pouces les uns des autres, qui ſe vuident dans un bac D, d'où l'eau ſe décharge par une gargouille K pour couler dans un canal L au réſervoir de diſtribution, placé au pied de la terraſſe.

Pour faire mouvoir la machine, il y a deux perches FG, HI, chacune de 18 pieds de longueur, attachées au ſommet de l'arbre tournant, dont l'une ſert pour y atteler un cheval, & l'autre pour le guider.

Deſcription d'un moulin à chapelet pour tirer l'eau des puits.

FIG. 6.

1346. La ſixieme figure repréſente une machine dans le goût de la précédente, mais beaucoup plus commode; elle eſt compoſée d'une manivelle A de 12 pieds de coude, accompagnée d'une volée B, & d'une lanterne C de 6 pouces de diametre, qui s'engraine avec les dents d'une roue verticale D, dont le diametre eſt de 4 pieds, ſur le plan de laquelle ſont placées des chevilles, formant une fuſée qui porte un chapelet, dont les barrillets F ſe vuident dans une auge E; comme le deſſein en repréſente aſſez naturellement la diſpoſition des parties, je ne m'y arrêterai pas davantage.

Deſcription d'une machine mue par un poids pour élever l'eau avec un chapelet.

PLAN 6.

FIG. 5.

1347. M. *Morel*, de qui je tiens la machine précédente, en a imaginé une autre, pour élever l'eau avec le ſecours d'un poids, que l'on voit exprimée par la figure cinquieme: il ſuppoſe en premier lieu que le poids A, qui peſe 800 livres, peut monter juſqu'à la poulie fixe M qui le ſoutient, & qu'il eſt accompagné d'une poulie du retour, qui fait que l'action de ſa peſanteur ne doit plus être comptée que de 400 livres, étant appliqué à un treuil B d'un pied de diametre, autour duquel doit filer la corde.

Il ſuppoſe en ſecond lieu que ce treuil eſt accompagné de deux roues dentées C, I, chacune de 24 pouces de diametre, dont la premiere s'engraine avec une lanterne D auſſi de 24 pouces, & que l'aiſſieu de cette lanterne eſt commun à une fuſée F de 3 pieds de diametre, ſervant à porter un chapelet qui ſe décharge dans l'auge P.

Pour monter le poids, M. *Morel* ſe ſert d'une manivelle F d'un pied de coude, accompagnée d'une volée G & d'une lanterne H de 3 pouces de diametre, qui s'engraine avec la roue I: or comme

me entre la puiſſance & le poids, il y a quatre bras de levier qui ſont, le coude de la manivelle de 12 pouces, le rayon de la lanterne H de $\frac{3}{4}$, celui de la roue I de 12, & celui du treuil B de 6, on voit que le poids ſera à la puiſſance (74) comme 16 eſt à 1; que par conſéquent l'action du poids étant réduite à 400 livres, la puiſſance ne ſera que de 25 livres, qui eſt la force qu'employera un homme appliqué à la manivelle pour relever le poids.

Il eſt bon de remarquer que tandis que la puiſſance fait tourner la manivelle F & le treuil B, le chapelet reſte immobile, parce que la roue C, qui eſt accompagnée d'un reſſort comme aux tournebroches, eſt ſéparée du treuil.

Pour eſtimer la quantité d'eau que les barrillets N peuvent contenir depuis la ſource juſqu'au ſommet de la fuſée, il faut conſidérer qu'entre l'action du poids appliqué au treuil & le chapelet, il y a quatre bras de levier; le rayon de la fuſée de 18 pouces, celui de la lanterne D de 12, celui de la roue C, auſſi de 12, & celui du treuil B de 6: d'où l'on tire que le poids de 400 livres eſt à celui de l'eau que le chapelet contiendra dans l'état d'équilibre, comme 4 eſt à 1; ainſi les barrillets en montant pourront contenir enſemble 100 livres d'eau, qu'il faudra réduire à 90 livres pour rompre l'équilibre. Quant au produit de ce chapelet, il dépendra de la hauteur où il faudra élever l'eau, en conſidérant que la roue C & la lanterne D ayant le même diametre, la vîteſſe du treuil B ſera à celle de la fuſée F, comme le rayon du premier eſt au rayon du ſecond, ou comme 1 eſt à 3; par conſéquent lorſque la corde ſe déroulera ſur la longueur d'un pied, le chapelet en fera trois de chemin.

J'ajouterai que pour entretenir l'uniformité du mouvement, la roue C s'engraine encore avec une lanterne K dont l'aiſſieu eſt accompagné d'une petite volée L: au reſte, je ne rapporte cette machine & les précédentes que pour fournir des idées à ceux qui ſe trouveront dans le cas d'en faire conſtruire pour le même objet, c'eſt pourquoi je les ai traité ſuccinctement, n'étant point ſuſceptibles d'une théorie fort intéreſſante.

De quelle maniere on peut ſe ſervir des pompes aſpirantes & refoulantes pour élever l'eau d'un puits beaucoup au-deſſus du rez-de-chauſſée.

1348. Si l'on vouloit tirer l'eau d'un puits pour l'élever beaucoup au-deſſus du rez-de-chauſſée, on pourra la faire monter d'abord par aſpiration juſqu'à une certaine hauteur, & la refouler enſuite auſſi haut que l'on voudra par le moyen des pompes, dont les piſtons répondront à une manivelle attachée à l'aiſſieu d'une lanterne, qui s'engrainera avec un rouet horiſontal, mu par des chevaux, comme on fait à l'Hôtel Royal des Invalides, ou par des hommes appliqués à une manivelle ſimple, qui feront tourner

celle des piſtons, à l'aide d'une roue & d'une lanterne de fer; ce qui ſera aiſé à exécuter après tout ce que l'on a vu dans le cours de cet Ouvrage, ſur la maniere de communiquer le mouvement aux pompes ; c'eſt pourquoi je n'en donne point d'exemple, & finis par ce Chapitre ce que je m'étois propoſé de dire ſur les machines en général.

Il me reſte à expliquer l'origine des fontaines, la maniere d'en découvrir les ſources, & d'en conduire les eaux, ſoit par des tranchées, aqueducs, ou tuyaux de différentes eſpeces ; les qualités & fabriques de ces tuyaux; l'emplacement le plus convenable des regards, robinets, ventouſes, réſervoirs, châteaux d'eau & fontaines publiques : c'eſt ce que l'on trouvera dans le Chapitre ſuivant, où je ferai enſorte de ne rien oublier de tout ce qu'il faut ſavoir pour diriger & diſtribuer judicieuſement les eaux dans les grandes villes ; ce que je me propoſe de traiter avec d'autant plus de ſoin, que perſonne n'ayant encore écrit ſur un ſujet auſſi utile, ceux qui ſont chargés de la direction des eaux ne ſavent où puiſer les connoiſſances qui leur ſont néceſſaires.

Dessein général des principales parties d'une Machine qui éleve l'eau par l'action du Feu.

Fig. 1re

Fig. 2e

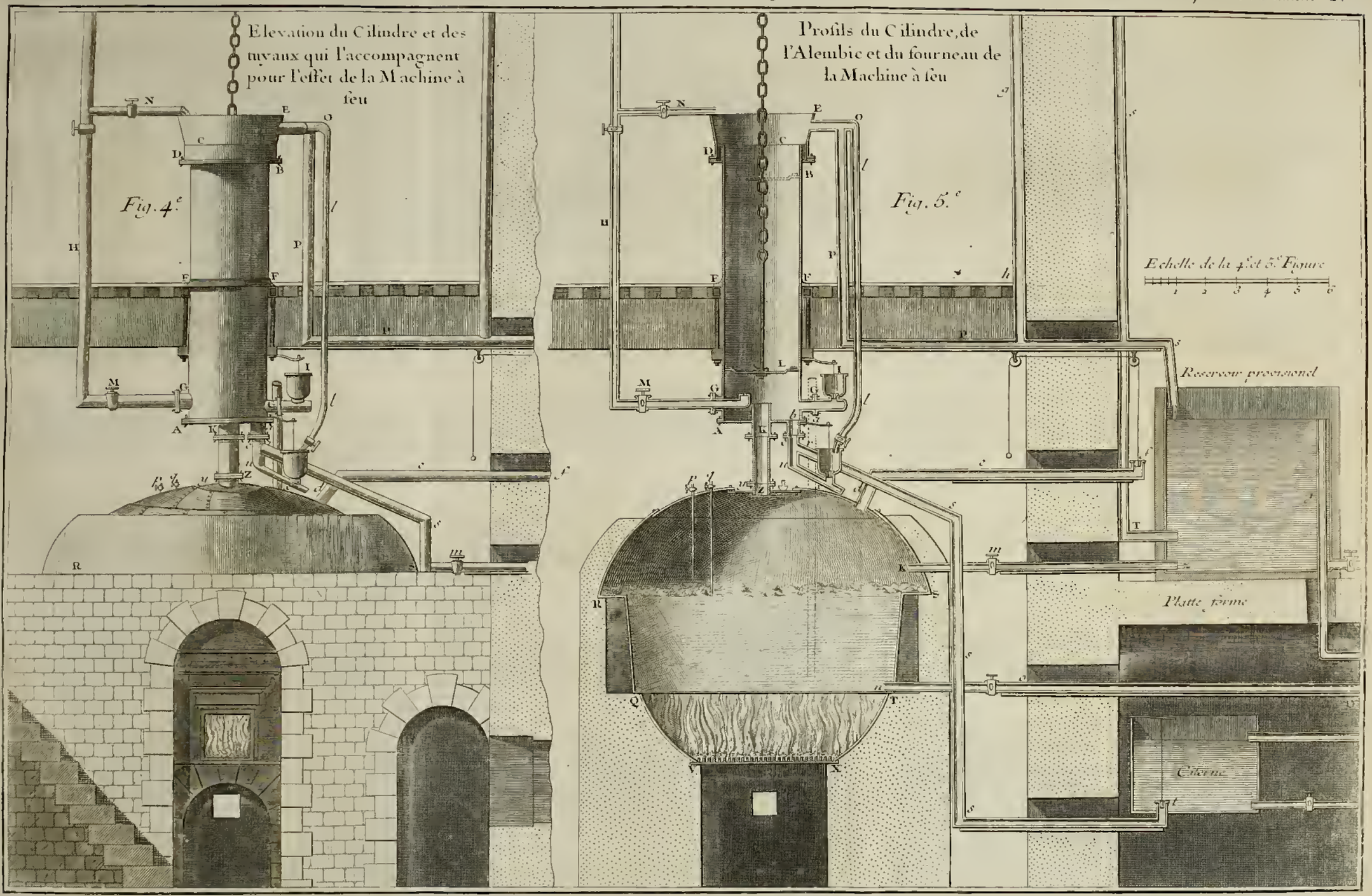
Fig. 3e

Réservoir provisionel

Chapiteau de l'Alembic

Echelle de la premiere et troisieme figure

Echelle de la seconde figure


Elevation du Cilindre et des tuyaux qui l'accompagnent pour l'effet de la Machine à feu
Fig. 4.e
Profils du Cilindre, de l'Alembic et du fourneau de la Machine à feu
Fig. 5.e
Echelle de la 4.e et 5.e Figure
1 2 3 4 5 6
Reservoir provisionel
Platte forme
Cisterne

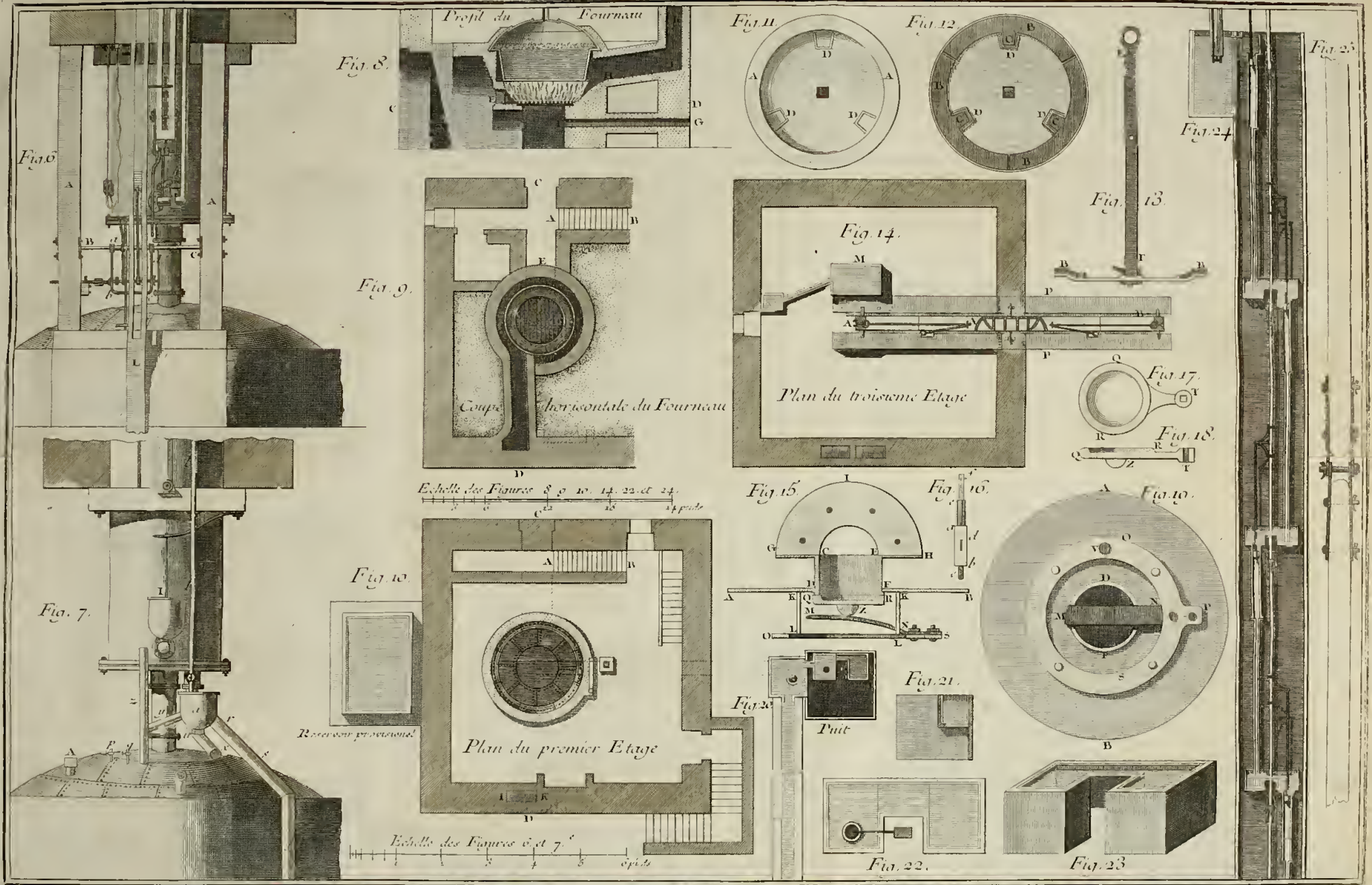


Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Profil du Fourneau
Fig. 9.
Coupe horizontale du Fourneau
Fig. 10.
Reservoir provisoire
Plan du premier Etage
Echelle des Figures 6 et 7.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Plan du troisieme Etage
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Echelle des Figures 8, 9, 10, 14, 22 et 24.
Fig. 19.
Fig. 20.
Puit
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.

Fig. 1er

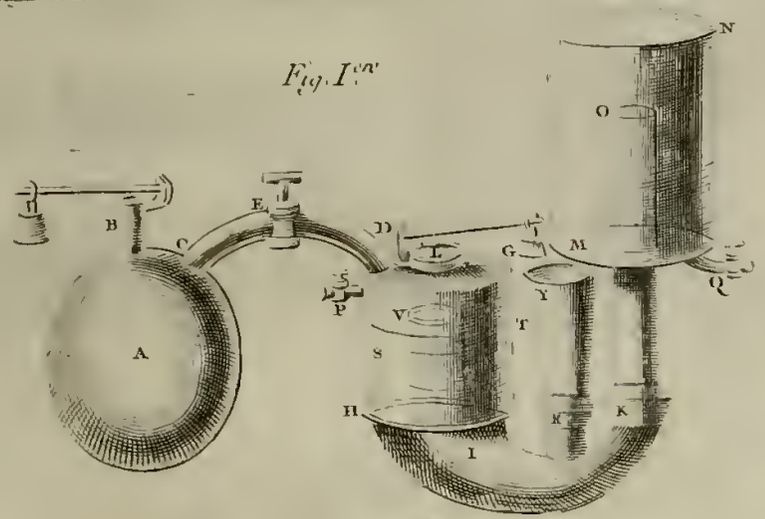


Fig. 2e

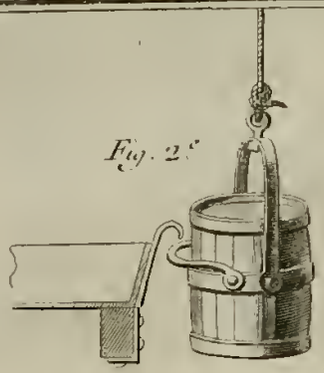


Fig. 3e

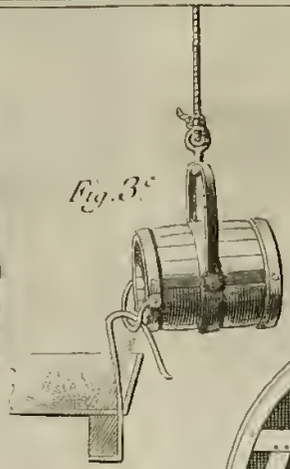


Fig. 6e

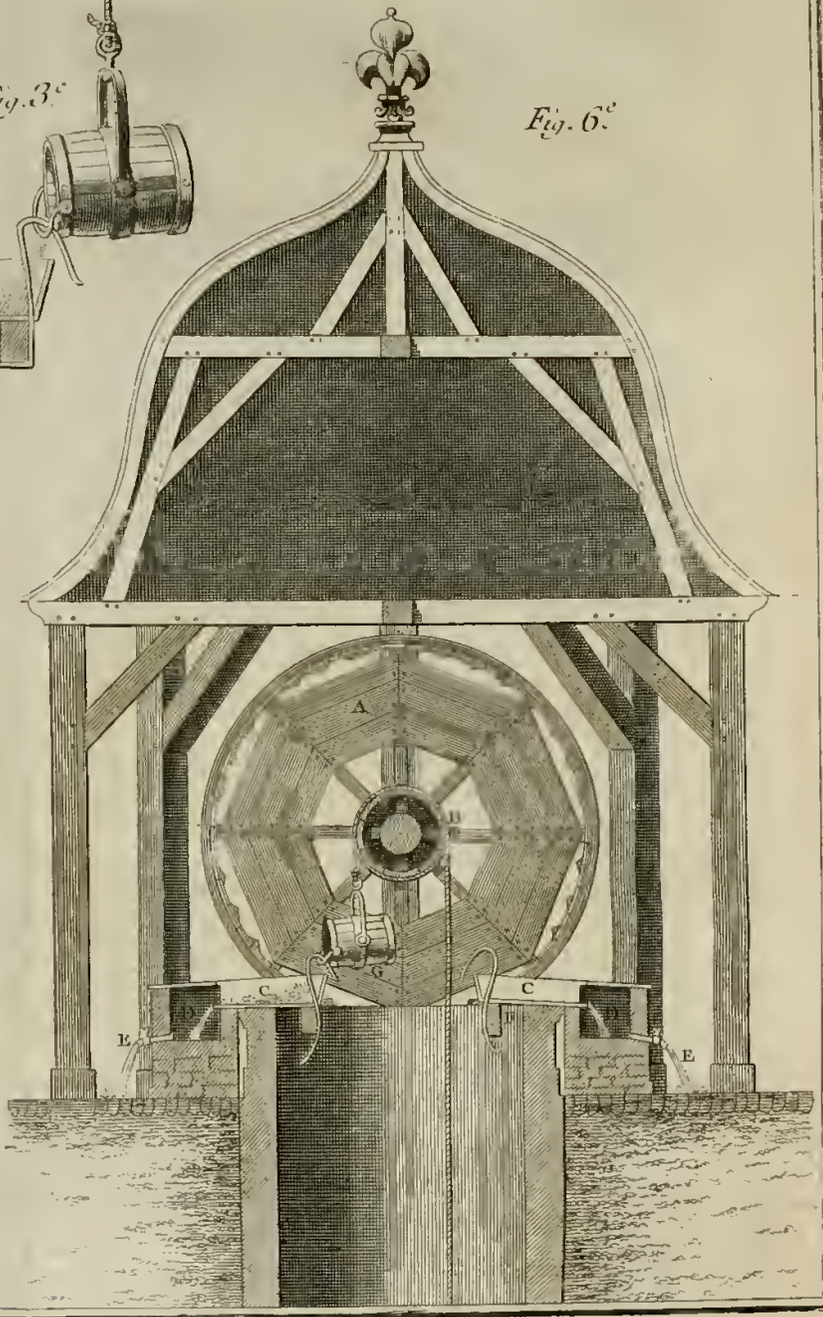


Fig. 4e

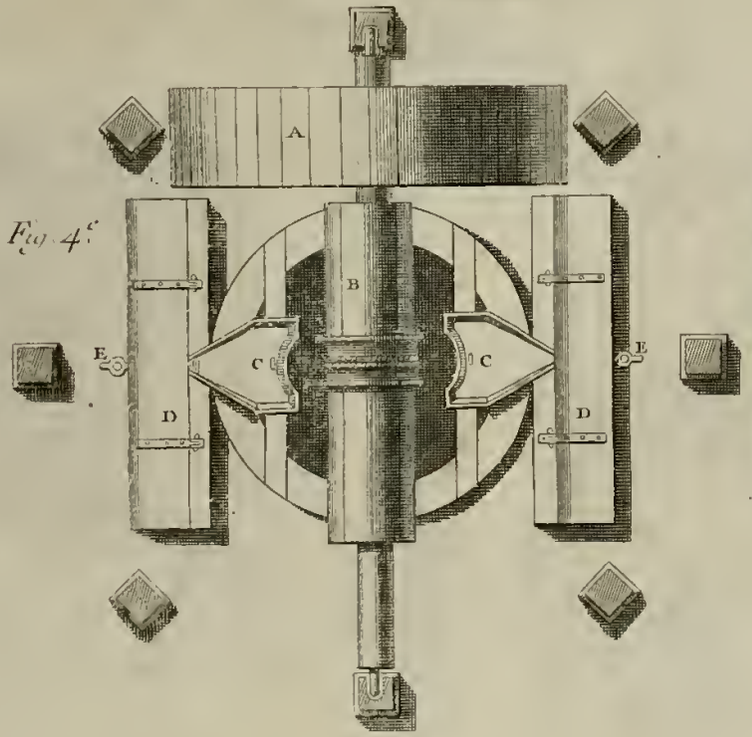
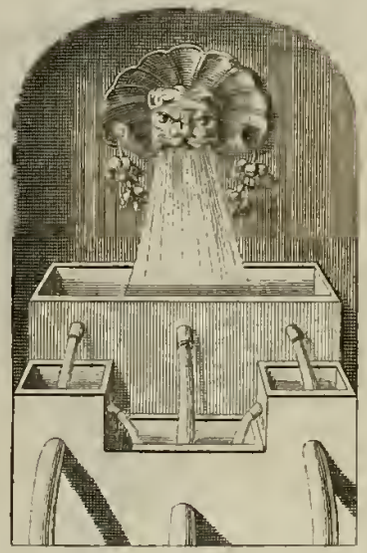


Fig. 5e



Developements de plusieurs Machines pour tirer l'eau des puits fort profonds.

Fig. 1er

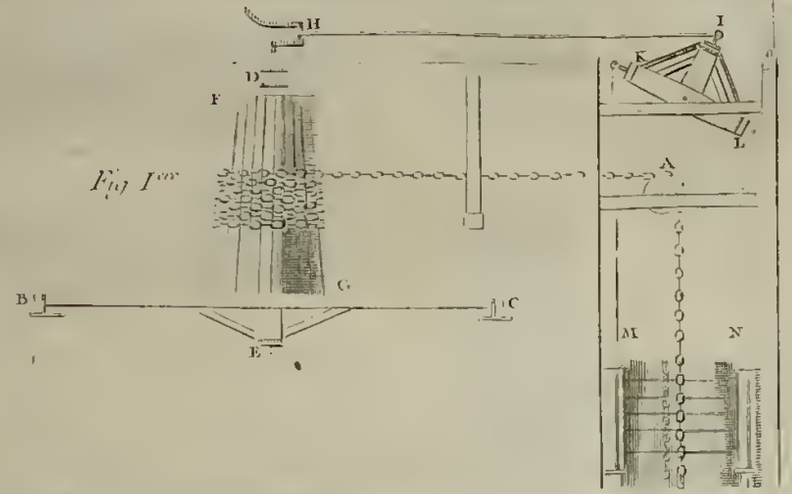


Fig. 2e

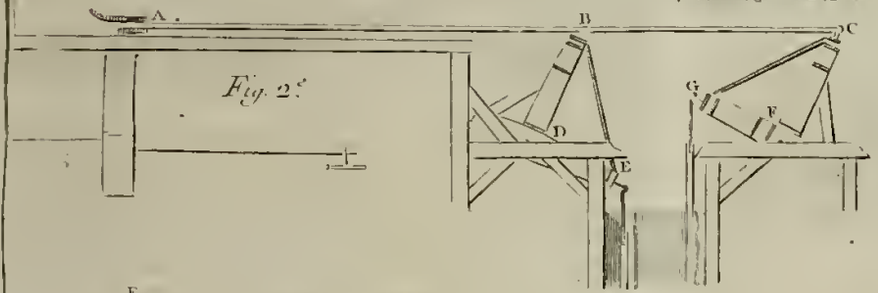


Fig. 3e

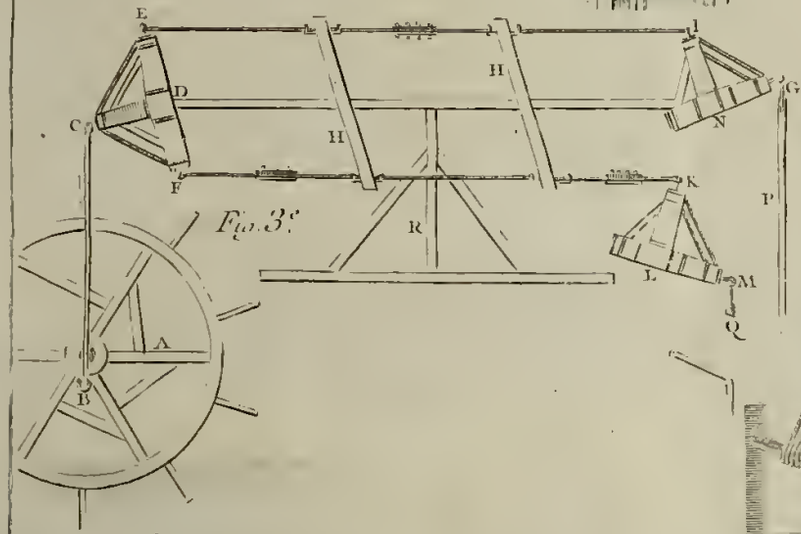


Fig. 5e

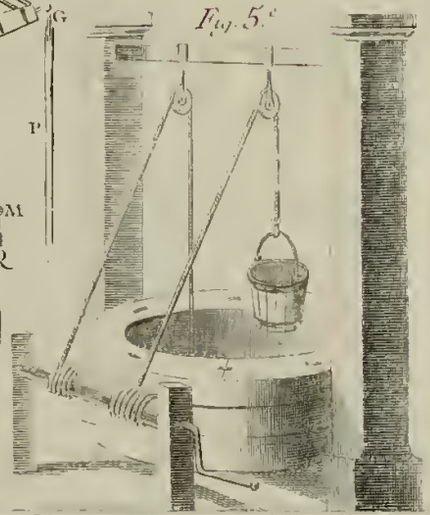


Fig. 4e

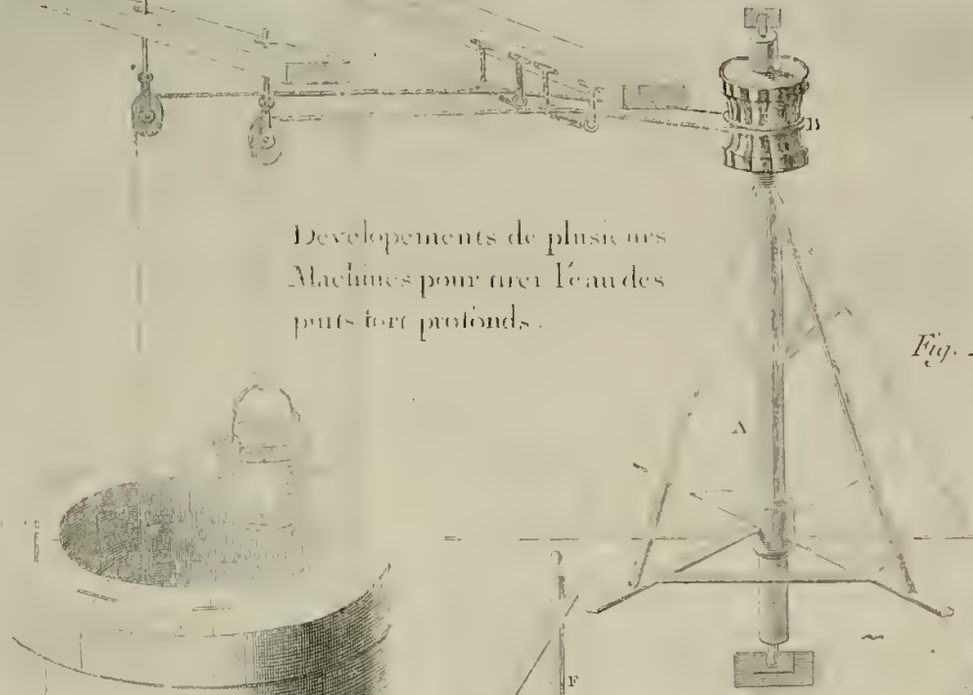


Fig. 6e

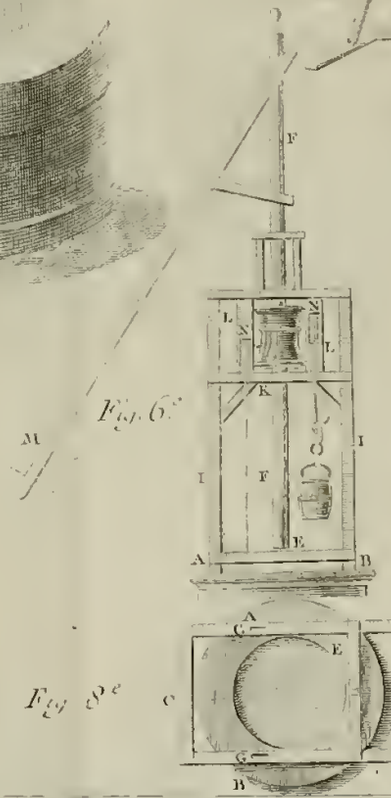


Fig. 7e

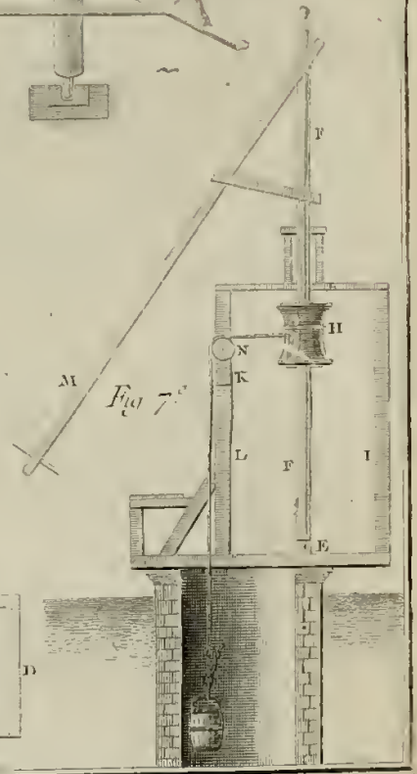


Figure premiere.

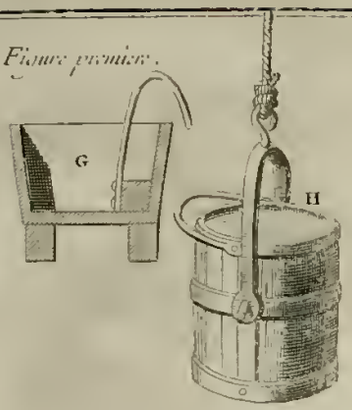


Fig. 2.e

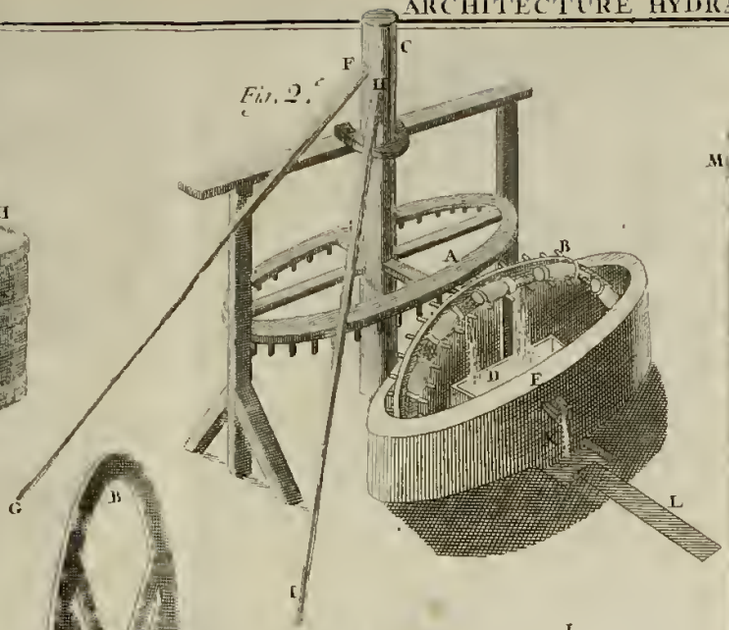
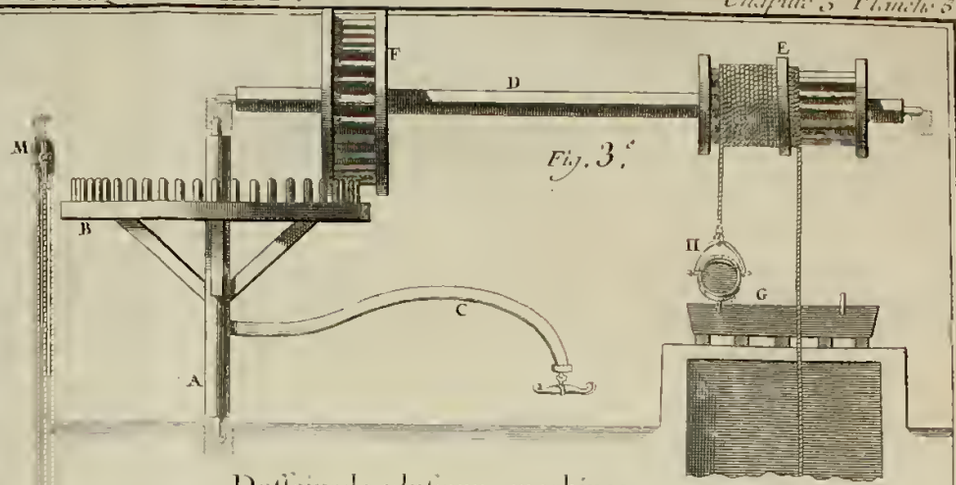
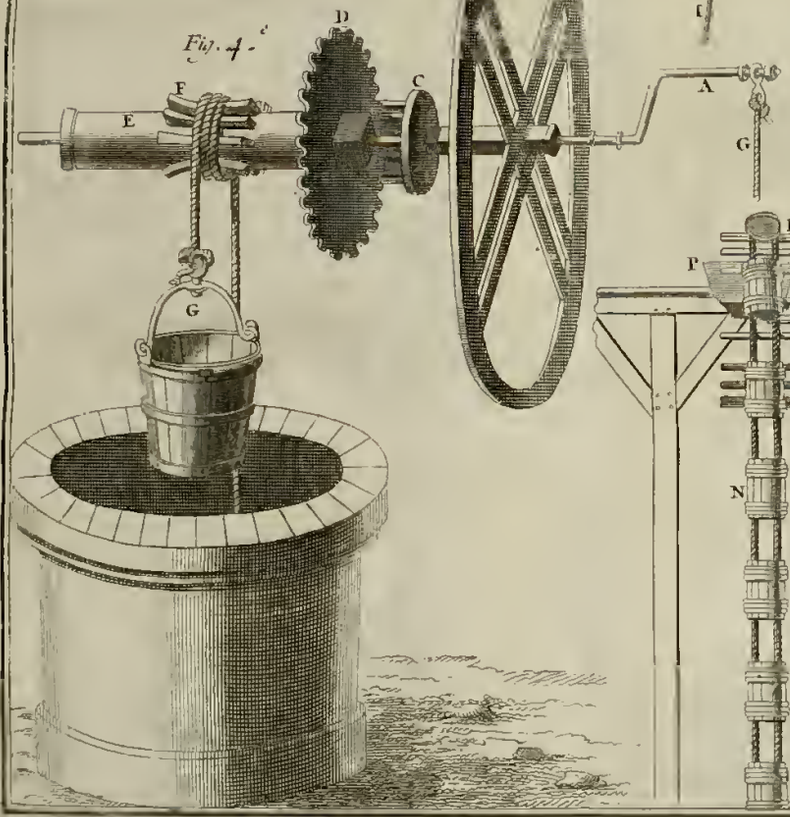


Fig. 3.e



Desseins de plusieurs machines pour tirer l'eau des Puits

Fig. 4.e



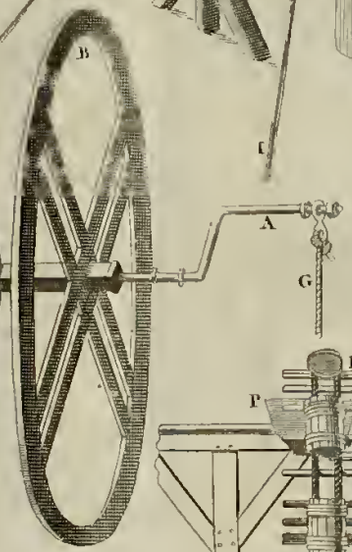


Fig. 5.e

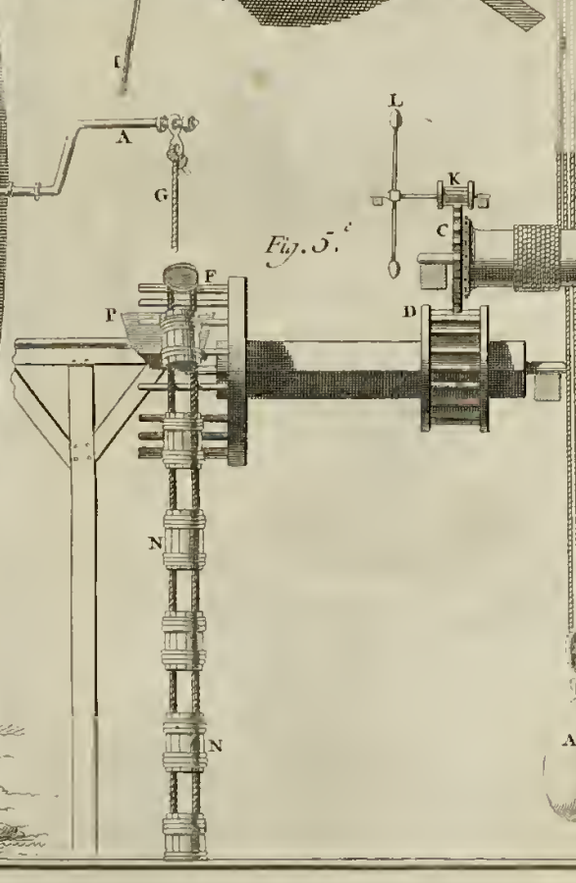
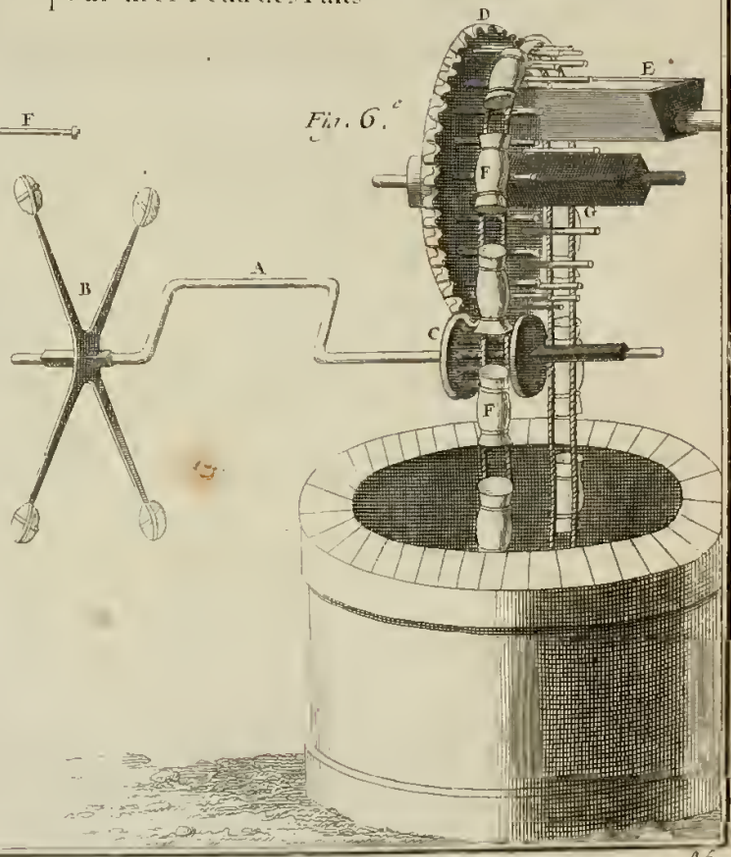


Fig. 6.e



CHAPITRE IV.

De la recherche, conduite & distribution des eaux.

1349. LA plûpart des Philosophes anciens & modernes ont attribué à diverses causes l'origine des fontaines; les uns ont cru que l'eau de la mer couloit dans des canaux souterreins vers les différens endroits où l'on voit des sources, & déposoit en filtrant dans le sein de la terre le sel dont elle est chargée; sans considérer que si cela étoit, les fontaines seroient toujours dans le même état, puisque la mer leur fourniroit en tout tems une égale quantité d'eau; ce qui n'arrive pas, presque toutes étant sujettes à augmenter & à diminuer. *Opinions des Philosophes sur l'origine des fontaines.*

D'autres ont cru qu'il s'élevoit des vapeurs du centre de la terre qui rencontrant vers sa surface de grandes cavités en forme de voûtes, s'y attachoient comme au chapiteau d'un alambic, & couloient ensuite vers le bas pour former les fontaines; mais peut-on croire qu'il y ait un assez grand nombre de pareilles cavernes, car il en faudroit à peu près autant que de fontaines; & quand même on voudroit les admettre, il paroît que les vapeurs réduites en gouttes d'eau, devroient retomber perpendiculairement vers l'endroit d'où elles sont parties, ou bien il faudroit nécessairement qu'il y eût au-dessous de ces voûtes un lit continu de terre glaise ou de pierres pour recevoir ces gouttes; & en ce cas, comment les vapeurs auroient-elles pu pénétrer un pareil lit?

Quelques autres, en suivant une opinion à peu près semblable, ont soutenu que l'eau de la mer se rendoit dans des abîmes, que là un feu central la faisoit bouillir & la réduisoit en vapeur, qui s'élevant vers la surface de la terre, étoit condensée par le froid & réduite en eau, qui couloit ensuite dans plusieurs canaux souterreins; à quoi l'on peut encore objecter que si cette opinion avoit quelque vraisemblance, les fontaines ne diminueroient point dans les tems de sécheresse, & les pluies n'auroient aucune part à leurs accroissemens.

1350. Sans nous arrêter davantage aux différentes opinions qui ont été écrites sur ce sujet, il suffit de dire que le plus grand nombre des Savans conviennent aujourd'hui, qu'une partie de l'eau des pluies, en tombant sur la terre, forme les torrens, grossit les rivieres, & que l'autre partie abreuve, pénétre sa surface jusqu'à la *La cause des fontaines est attribuée avec beaucoup de vraisemblance aux eaux de pluie, & à la*

fonte des neiges.

rencontre des lits continus de glaise ou de pierres qui l'arrêtent; qu'ensuite elle force vers l'endroit le plus bas pour se faire un passage, & forme une fontaine qui est plus ou moins abondante, suivant l'étendue du terrein qui lui fournit l'eau; ce qui est cause qu'il s'en rencontre ordinairement au pied des grandes montagnes.

L'eau des pluies & la fonte des neiges fourniroient donc celle des fontaines; pour le prouver, on s'appuye sur l'expérience, qui montre qu'elles grossissent après des pluies abondantes, & qu'elles diminuent sensiblement, & tarissent quelquefois quand il est un tems considérable sans pleuvoir. D'ailleurs on sait que dans les pays chauds on voit peu de fontaines, au lieu que dans les Alpes & les Pirénées, où il pleut & neige très-souvent, on en rencontre à chaque pas.

Remarques de M. Mariotte *pour confirmer cette opinion.*

1351. Les fontaines fournissant l'eau des courans, M. *Mariotte* donne un calcul pour prouver que celle des pluies qui tombent pendant un an aux environs de la Seine & des autres rivieres qu'elle reçoit depuis sa source jusqu'à Paris, est plus que suffisante pour la quantité d'eau qui passe sous le pont royal. Mais sans entrer dans ce détail, on sait par les remarques que l'on fait continuellement à l'Observatoire royal de Paris, que quatre toises quarrées de couverture, mesurée de niveau, reçoivent communément une toise cube d'eau pendant le cours d'une année. Ainsi supposant la lieue ordinaire de 2400 toises, la lieue quarrée aura 5760000 toises quarrées, qui étant divisées par 4, donnent 1440000 toises cubes d'eau pour la quantité que les pluies répandent sur une lieue quarrée. Que si l'on suppose que de cette même quantité les deux tiers se réduisent en vapeur, après avoir abreuvé la terre, le tiers qui reste sera plus que suffisant pour entretenir l'eau des fontaines qui pourront se rencontrer dans l'étendue de cette lieue.

Expérience de M. le Maréchal de Vauban *sur ce sujet.*

1352. Le raisonnement de M. *Mariotte* semble être confirmé par une expérience de M. le Maréchal de *Vauban*, qui a fait rapporter sur une place de grande étendue, dont le terrein étoit ferme & difficile à pénétrer, un lit de terre de 5 ou 6 pieds de hauteur, au bas duquel il s'est formé à la longue une fontaine par la seule filtration des eaux de pluies. Au reste, quoique je penche beaucoup pour cette derniere opinion, je ne prétends point soutenir qu'elle soit l'unique cause de l'origine des fontaines, ne voulant point m'engager dans une dissertation qui appartient plutôt à la Physique qu'à mon sujet.

Dans quel tems il faut

1353. Le tems le plus propre pour faire la recherche des eaux souterreines, est dans les mois d'Août, Septembre & Octobre, parce

que ſi l'on en trouve alors, on eſt sûr d'en avoir dans les autres ſaiſons; d'ailleurs la terre étant ſeche, ſes pores ſont plus ouverts, & laiſſent un libre paſſage aux exhalaiſons qui indiquent des veines d'eau.

faire la recherche des eaux ſouterreines; & la maniere de découvrir les ſources.

C'eſt principalement le long du pied des montagnes qui regardent le ſeptentrion qu'il faut chercher les ſources; on peut eſpérer d'en trouver auſſi le long de celles qui ſont expoſées aux vents humides, tels que ſont en France ceux qui viennent de l'Occident. Sur quoi il eſt bon de remarquer que les montagnes fort eſcarpées fourniſſent moins d'eau que les autres, & qu'au contraire celles qui ont une pente douce & qui ſont couvertes de verdure, renferment d'ordinaire quantité de rameaux dont les eaux ſont abondantes, froides & ſaines, parce que les pluies & la fonte des neiges y en font un grand amas qui ſe conſervent & ſe filtrent.

Pour découvrir les eaux ſouterreines, il faut avant le ſoleil levé, ſe coucher ſur le ventre, enſorte que la vue s'étende ſur l'horiſon; ſi l'on voit une colonne de vapeurs s'élever en ondoyant dans un endroit où il n'y a point d'humidité cauſée par des eaux ſauvages, c'eſt une marque qu'en fouillant on y trouvera de l'eau, & l'on pourra avoir le même ſentiment, ſi l'on apperçoit des tourbillons ou nuées de petits moucherons voler près de la terre toujours à la même place.

On peut encore, dans les endroits où l'on ſoupçonne y avoir de l'eau, creuſer un petit puits de 3 pieds de diametre ſur 5 ou 6 de profondeur, poſer au fond un chauderon renverſé, dont l'intérieur ſoit frotté d'huile, enſuite fermer l'entrée de ce puits de quelques planches couvertes de terre; ſi le lendemain on trouve des gouttes d'eau attachées au-dedans du chauderon, c'eſt une marque indubitable que ce lieu comprend des veines d'eau; pour plus d'aſſurance, on peut mettre ſous le chauderon quelques poignées de laine, afin de voir ſi en la preſſant il en ſort beaucoup d'eau.

On ſe ſert quelquefois d'une aiguille de bois, compoſée de deux pieces, dont l'une doit être poreuſe & facile à s'imbiber, comme l'aulne, qu'on place le matin en équilibre ſur un pivot ou aiſſieu au-deſſus de l'endroit où l'on conjecture qu'il y a de l'eau; alors, s'il s'en trouve effectivement, les vapeurs pénétreront le bout de l'aiguille, & la feront incliner vers la terre.

Enfin les ſignes les plus ſimples qui indiquent les veines d'eau, ſont les joncs, les roſeaux, le baume ſauvage, l'argentine, le lierre terreſtre, & les autres herbes aquatiques qui croiſſent dans certains endroits, ſans que les eaux ſauvages les nourriſſent.

1354. Voici l'occaſion de déſabuſer les admirateurs du mer- *Diſcours ſur*

la baguette devinatoire.

veilleux des prétendues vertus d'une certaine verge fourchue de bois de coudrier, nommée communément *Baguette devinatoire*, avec laquelle ils prétendent que l'on peut découvrir, non-seulement les sources, mais encore l'or, l'argent & les autres métaux cachés dans le sein de la terre, & même le chemin qu'aura tenu un meurtrier ou un voleur, & le distinguer en quelqu'endroit qu'il soit, sans avoir d'autres connoissances que celle qu'on tirera des signes que donnera la baguette, qui n'a cette vertu qu'entre les mains des imposteurs ou des gens disposés à tout croire.

Plusieurs Auteurs anciens ont parlé de cette baguette comme d'une merveille, entr'autres Neuhusius, Varron, Agricola, Ciceron, &c. & il y a apparence qu'on a puisé dans leurs écrits les idées chimériques qu'on a eu depuis sur ce sujet. Il n'est pas surprenant que dans le tems du paganisme, où l'on croyoit des choses bien plus ridicules, on ait pu ajouter foi à tout ce qu'on publioit de la baguette : mais dans un siecle aussi éclairé que le nôtre, peut-on excuser des Auteurs graves, tels que les revérends Peres Schott, Dechalles, Kircher, l'Abbé de Vallemont & tant d'autres, d'en avoir parlé comme d'un fait dont on ne pouvoit raisonnablement douter.

Jacques Aimar *a beaucoup contribué à donner du crédit à la baguette.*

1355. Ce qui a beaucoup contribué à augmenter de nos jours le nombre des partisans de la baguette, ce sont les prodiges que l'on dit qu'elle a opérés entre les mains d'un certain payſan de Saint *Veran* près de Saint *Marcellin* en Dauphiné, nommé *Jacques Aimar*, qui s'est rendu à Paris en 1693, où il a fait beaucoup de bruit, ayant eu l'art de persuader à un très-grand nombre de personnes, même de la premiere considération, qu'il avoit la vertu, moyennant la baguette, prise indifféremment de toutes sortes de bois, de découvrir les sources, les trésors cachés, les voleurs & les assassins. Il soutenoit qu'un jour ayant été la baguette à la main pour chercher de l'eau dans son voisinage, elle s'étoit inclinée subitement en un certain endroit, où ayant fait fouiller, il trouva au lieu d'eau une femme qu'on avoit étranglée ; ce qui lui fit présumer, que puisque sa baguette tournoit sur les cadavres de ceux qui avoient été assassinés, elle pourroit bien donner quelques signes lorsqu'elle seroit auprès de l'assassin. Il ajoutoit que l'événement avoit confirmé son opinion, qu'ayant suivi le meurtrier à la piste durant plus de 45 lieues, sans d'autres guides que la baguette, il l'atteignit enfin à Lyon, & reconnut que c'étoit le mari de cette femme. Que depuis ce tems-là il avoit découvert plusieurs autres meurtriers qu'il savoit distinguer d'avec les innocens, parce que

la baguette tournoit ſur les criminels, en mettant ſon pied ſur l'un des leurs.

On peut bien juger qu'un trait auſſi fameux fit beaucoup d'éclat, ſans que perſonne ſe mît en peine d'approfondir la vérité du fait, qui paroît pourtant bien ſimple. *Jacques Aimar* pouvoit avoir quelque ſoupçon du meurtre, chercher & découvrir naturellement l'endroit où cette femme avoit été enterrée, ſoupçonner le mari plutôt qu'un autre, parce qu'il s'étoit évadé, le ſuivre ſur des indices dont il ſe ſera inſtruit en chemin, le rencontrer au bout de 45 lieues, & tout cela ſans avoir recours au prodige. Or, comme c'eſt ſur l'autorité du digne perſonnage dont nous parlons que ſe fondent aujourd'hui ceux qui préconiſent les vertus de la baguette, on ſaura à quoi s'en tenir quand on ſera prévenu du fait ſuivant.

Jacques Aimar eſt pris pour dupe par MM. de l'Académie Royale des Sciences, qui le convainquent de ſon impoſture.

1356. M. *Colbert* ayant appris les merveilles que *Jacques Aimar* publioit, voulut que l'Académie des Sciences vît cet homme, & chargea M. l'Abbé *Gallois* de le produire ; l'ayant mené dans la cour de la Bibliotheque du Roi, où l'Académie tenoit alors ſes ſéances, M. l'Abbé *Gallois* montra à *Jacques Aimar*, en préſence de l'Aſſemblée qui étoit aux fenêtres, une bourſe pleine de louis d'or que M. *Colbert* lui avoit remis, lui dit qu'il alloit entrer dans le jardin pour la cacher, & qu'on verroit enſuite s'il la découvriroit. Après avoir remué en quelqu'endroit la terre, il vint rejoindre l'Aſſemblée, & dit à *Jacques Aimar* qu'il pouvoit aller chercher dans la plate-bande qui venoit d'être labourée, le fit entrer dans le jardin, où il l'enferma ; quelque tems après on fit ouvrir la grille, enſuite *Jacques Aimar* vint ſe plaindre de ce qu'on l'avoit laiſſé enfermé ſi long-tems, & dit à l'Aſſemblée que la bourſe étoit au pied du mur, du côté du cadran. Alors M. l'Abbé *Gallois*, qui au lieu d'avoir enterré cette bourſe l'avoit adroitement donné à garder à un de ſes amis avant même que d'entrer dans le jardin, afin d'ôter tout prétexte, la reprit & la montra à *Jacques Aimar* pour le convaincre de ſon impoſture. Ce charlatan voyant à quelles gens il avoit affaire, ſe retira pour ne point eſſuyer de plus grands éclairciſſemens, & toute l'Aſſemblée loua M. *Gallois* de l'avoir débarraſſée de cet homme, qui eſt retourné dans ſon pays immédiatement après cette aventure.

Vertu ſinguliere qu'on prétend qu'a eu la baguette entre les mains d'une fille de Grenoble.

1357. Quand on eſt une fois épris du merveilleux, ce n'eſt jamais à demi, & il n'y a point d'impertinence qu'on ne ſoit diſpoſé à croire ; ce n'étoit point aſſez d'avoir donné à la baguette les magnifiques vertus dont nous venons de faire mention, on a cru qu'il lui en manquoit encore une, & on la lui a donnée. On prétend qu'on peut, avec ſon ſecours, diſtinguer les oſſemens des Saints cano-

nisés d'avec ceux qui ne le sont pas, & que c'est ainsi que la fille d'un nommé *Martin*, Marchand de Grenoble, a découvert des Reliques.

Maniere de tenir la baguette pour la faire tourner à souhait, en quelqu'endroit que ce soit.

1358. Sans nous mettre en peine de la constellation sous laquelle il faut être né, pour se servir heureusement de la baguette divine, je crois qu'il n'y a personne qui ne puisse en jouer aussi-bien que *Jacques Aimar*, lorsqu'on s'y prendra de la maniere suivante, que j'ai cru devoir accompagner des principales cérémonies prescrites par les Auteurs qui ont bien voulu employer leurs veilles à nous donner des instructions sur un sujet aussi intéressant.

Il faut choisir une fourche de coudrier franc & rouge, le couper d'un seul coup de tranchant environ le 22 Juin, lorsque le soleil entre dans le signe du Cancer, & s'il se peut, choisir le tems de la pleine lune, & bien mieux encore un mercredi à l'heure planétaire de Mercure. Il faut pour bien faire que les deux branches de la fourche ayent trois ou quatre lignes de diametre, réduite à 18 ou 20 pouces de longueur, & que la tige en ait 22 ou 23, ensorte que les trois parties de la baguette composent un Y. Pour en faire usage, on empoigne les deux branches, de maniere que le dedans des mains regarde le ciel, & on les éleve à la hauteur des épaules, observant de *maintenir la tige parallele à l'horison*, ensuite l'on marche d'un pas grave & modestement vers le lieu où la baguette doit rendre ses oracles ; c'est ainsi que *Jacques Aimar* la tenoit quand il alloit, disoit-il, faire quelque découverte. Ce qu'il y a de vrai, c'est qu'aussi-tôt qu'on l'aura mise dans cette situation, on sentira qu'elle fera effort pour s'incliner, & qu'on sera obligé d'employer toute sa force pour la maintenir horisontale, & peut-être n'y parviendra-t-on pas ; car aussi-tôt qu'elle sort de cette direction, elle suit la détermination qu'elle a prise, soit vers le ciel ou vers la terre, jusqu'à l'instant où elle a atteint la verticale. C'est un fait que je ne conteste pas : mais il est essentiel de remarquer que comme ce mouvement peut être causé par l'extension des fibres du bois, elle tourne indifféremment dans tous les lieux où se trouve placé celui qui la tient, quoique l'on soit bien sûr qu'il n'y a dans les environs ni sources ni trésors cachés. Or, comme c'est principalement de la maniere de la tenir que dépend sa vertu de tourner ou de ne tourner pas, il arrive que lorsque ceux qui prétendent être en possession de cette merveille apperçoivent dans la campagne des signes purement naturels, qui accompagnent les endroits où il y a ordinairement de l'eau, ils cheminent de ce côté-là, & à mesure qu'ils avancent, serrent plus étroitement

tement les branches, alors la baguette s'incline, & ils annoncent avec confiance qu'on n'a qu'à creuſer & qu'on trouvera de l'eau, ce que tout autre auroit pu deviner de même.

Explication Phyſique des vertus de la baguette, par le Pere Regnault, *Jéſuite.*

1359. Si l'on voit que la baguette joue entre les mains de certaines gens, & non pas entre celles des autres, un peu d'exercice de la part de ces derniers les mettra bientôt au pair, ſur-tout s'ils ont ſoin d'eſſayer différentes baguettes pour en rencontrer une dont la groſſeur convienne à leurs mains & à leur degré de chaleur, afin que la ſeve puiſſe travailler dans les fibres. Ils pourront même ſe ſervir de tout autre bois que celui de coudrier, & parvenir à faire tourner la baguette au grenier comme à la cave, ſans qu'il ſoit néceſſaire « que les particules aqueuſes & les vapeurs » qui s'exhalent de la terre s'inſinuent dans la tige de la branche » fourchue pour en chaſſer l'air, ou la matiere du milieu, qui, ſelon » le Pere *Regnault*, dans ſes *Entretiens Phyſiques*, revient ſur la » tige, lui donne la direction des vapeurs & la fait pencher vers la » terre pour vous avertir qu'il y a ſous vos pieds une ſource d'eau » vive. La raiſon qu'il en donne, eſt qu'ordinairement les branches » des arbres qui ſont le long des rivieres ou ſur le bord des fontaines, penchent vers l'eau, parce qu'elle leur envoie des particules » aqueuſes qui chaſſent l'air, pénetrent les branches, les chargent, » les affaiſſent, joignant leur peſanteur au poids de l'air ſupérieur, » & les rendent enfin, autant qu'il ſe peut, paralleles aux petites » colonnes de vapeurs qui s'élevent de la ſurface de l'eau; ainſi les » vapeurs qui s'inſinuent dans les plantes avec tant de facilité, pénetrent la baguette & la font pencher. Que ſi cette baguette n'a » pas le même effet entre les mains de tout le monde, cela vient » de ce qu'une tranſpiration de corpuſcules abondantes, groſſieres, » ſorties des mains & du corps & pouſſées rapidement, peut rompre, écarter le volume ou la colonne des vapeurs qui s'élevent de » la ſource, ou tellement boucher les pores & les fibres de la baguette qu'elle ſoit inacceſſible aux vapeurs; & ſans l'action des » vapeurs, la baguette ne dira rien ».

Hiſtoire d'une dent d'or qui a fait beaucoup de bruit en Allemagne pendant pluſieurs années, & qu'on peut mettre au nombre des merveilles que l'on débite ſur la baguette.

1360. Pour ne point m'arrêter davantage ſur un ſujet auſſi frivole, on peut conclure qu'il en eſt de la baguette comme de cette fameuſe dent d'or, qui a tant fait de bruit en Allemagne. Sur la fin du ſeizieme ſiecle, un homme de Siléſie voulant profiter de la crédulité populaire, annonça un fils âgé de ſept ans, que la nature avoit gratifiée d'une dent d'or; auſſi-tôt on vint de toutes parts voir cette merveille, & pluſieurs Savans * crurent qu'un phénomene auſſi extraordinaire méritoit bien d'être expliqué par des dif-

* Dans les années 1693, 1694 & 1695,

les Docteurs Horſtius, Rullandus, Ingolſtetterus, Libavius, ont écrit l'hiſtoire de cette dent, & le premier dit qu'elle avoit été envoyée de Dieu pour la conſolation des Chrétiens affligés alors par les Turcs.

ſertations phyſiques. La différence des opinions fit naître de grandes diſputes ſelon la coutume, & les écrits étoient déja fort multipliés, lorſqu'un Orfevre, ſans ſe mettre en peine du ſentiment des Philoſophes, voulant en juger par lui-même, découvrit que la dent ſi vantée ne différoit des autres que par une feuille d'or artiſtement appliquée. Il ſemble qu'on auroit dû d'abord ſavoir à quoi s'en tenir, mais point du tout; on commence par faire des Livres, & on ſe garde bien de ſoupçonner la vérité du fait. Que d'opinions reçues par la multitude ſe trouveroient dans le cas de la dent d'or, ſi elles étoient approfondies?

Il ſeroit à ſouhaiter qu'on écrivît l'hiſtoire des préjugés vulgaires, pour faire revenir le Public des erreurs que cauſe l'amour du merveilleux.

1361. L'amour que j'ai toujours ſenti pour la vérité m'a fait deſirer depuis long-tems que quelque bonne plume prît la peine de nous donner une hiſtoire des préjugés vulgaires, qui en fît voir l'origine, les progrès & les égaremens où ils ont jetté les hommes chez toutes les Nations; cet ouvrage pourroit être rendu fort amuſant, étant ſuſceptible de tous les agrémens de cet heureux ſtyle, avec lequel on eſt ſûr d'inſtruire & de plaire. Après cette digreſſion, qui m'a conduit plus loin que je me l'étois propoſé, je reviens à mon ſujet, & je vais rapporter les ſignes par leſquels on peut juger des bonnes & des mauvaiſes qualités de l'eau.

Pluſieurs manieres de connoître les bonnes & les mauvaiſes qualités de l'eau.

1362. La meilleure maniere de connoître la bonne qualité de l'eau, ſuivant *Vitruve* & M. *Perrault*, ſon Commentateur, eſt de voir ſi les perſonnes qui en boivent ordinairement ſont robuſtes, de bonne couleur, exemptes de fluxions ſur les yeux, & de maux de jambes. On voit en pluſieurs provinces de France & de Savoie, ſur-tout dans la vallée de Morienne, des villages entiers, dont les Habitans ſont incommodés du *goüeſtre*, qui eſt une groſſeur qui leur vient au col, & qu'ils portent juſqu'au tombeau; quelques-uns en ont depuis le menton juſqu'à la poitrine, ce qui les rend extrêmement difformes; il y en a qui ont la voix ſi enrouée, qu'on a bien de la peine à les entendre; la commune opinion, qui eſt auſſi celle de *Vitruve*, eſt que cette incommodité eſt cauſée par la mauvaiſe qualité des eaux.

Pour connoître la bonté d'une fontaine nouvellement découverte, *Vitruve* aſſure que ſi l'on verſe des gouttes de ſon eau ſur de bon cuivre & qu'elle n'y faſſe point de tache, c'eſt une marque qu'elle eſt bonne à boire; ou bien, ſi en la faiſant bouillir, les légumes s'y cuiſent promptement.

M. *Perrault*, dans ſes notes, dit auſſi que la légéreté de l'eau doit être conſidérée comme la marque la plus certaine de ſa bonté; mais la difficulté eſt d'en pouvoir juger, par la petite différence

qui ſe rencontre dans la peſanteur de pluſieurs eaux de même volume. Il ajoute qu'après pluſieurs expériences on n'en a pas trouvé qui réuſſiſſent mieux que la diſſolution du ſavon, parce que celles qui le détrempent aiſément & qui deviennent blanches comme du lait, ſont plus légeres & meilleures que celles dans leſquelles il ne peut ſe diſſoudre qu'en particules blanches qui nagent dedans.

Les ſources qui ſortent du fond des vallées ſont ordinairement peſantes, ſalées, tiedes & peu agréables, à moins qu'elles ne viennent des montagnes: celles que l'on trouve dans la craie ne ſont pas non plus de bon goût: celles qui ſortent du ſable mouvant ſont ordinairement bourbeuſes & deſagréables; au contraire, celles qui ſortent du ſable mâle, du gravier & de la pierre rouge, ſont abondantes & de fort bonne qualité.

Maniere de raſſembler les eaux de ſources par des tranchées de recherches.

1363. Quand on veut avoir beaucoup d'eau, on creuſe dans le terrein où l'on ſoupçonne qu'il y en a, des petits puits éloignés les uns des autres de 25 ou 30 pas; on les joint par des tranchées qui reçoivent les tranſpirations de l'eau & qui les conduiſent vers le lieu où l'on veut qu'elles ſe rendent. Avant de commencer ce travail, on fait un nivellement, afin de profiter de la pente que le terrein pourra préſenter naturellement, ou pour en donner une au fond de la tranchée, obſervant, autant que cela ſe peut, de côtoyer les montagnes, parce que les eaux qui en proviennent ſont abondantes & ſaines; mais il faut bien prendre garde, en approfondiſſant, de percer les lits de tuf ou de glaiſe qui retiennent l'eau, autrement on pourroit la perdre. Il y a beaucoup de précautions à prendre pour ne point faire d'ouvrage inutile que je paſſe ſous ſilence, parce qu'un peu de pratique en apprendra plus que toutes les inſtructions que je pourrois donner ſur ce ſujet.

Conſtruction de pierrées, ſervant à recevoir & à conduire les eaux des ſources.

1364. Après avoir creuſé la tranchée à une profondeur convenable, donné aux terres un talud proportionné à leur qualité, réglé la pente de fond, & pouſſé de diſtance en diſtance, à droite & à gauche des rameaux en forme de patte d'oye, pour raſſembler le plus d'eau que l'on pourra, il faut faire une tranchée pour perdre l'eau de chacun de ces puiſards, afin d'en pouvoir faire un autre autour de leur circonférence, avec un conroi de glaiſe d'environ 2 pieds d'épaiſſeur. Enſuite on pratiquera au dedans un mur de maçonnerie, enſorte que l'eau s'eleve de ce puiſard juſqu'à une hauteur capable d'en ſortir par une pierrée de même hauteur que celle des autres puiſards. Il eſt bon d'obſerver qu'il faut une décharge, ou une tranchée à chaque puiſard, pour perdre l'eau quand il en eſt beſoin, ſans quoi il ne ſeroit pas poſſible de travailler aux

pierrées. Il eſt néceſſaire de curer ces puiſards deux fois l'année, de crainte que les pierrées ou les tuyaux ne s'engorgent par les ordures & le limon que l'eau y auroit dépoſé. On étend ſur le fond un lit de terre glaiſe bien battue, enſuite on conſtruit une pierrée, c'eſt-à-dire, deux petits murs de pierres poſées à ſec d'un pied d'épaiſſeur, ſur 18 pouces de hauteur, régnant le long des berges pour former un petit canal de 8 à 9 pouces de largeur vers la naiſſance de la tranchée qu'on élargit à meſure que la conduite eſt plus longue & que les eaux deviennent plus abondantes. Car on n'eſt point le maître de donner à ce canal autant de largeur que l'on voudroit, parce qu'étant enſuite recouvert avec des dalles ou pierres plates qui doivent avoir ſur leur piédroit au moins 3 pouces de portée, on n'eſt pas toujours à même d'en avoir d'aſſez larges; ainſi les eaux qui filtrent des berges ne trouvant point d'obſtacle, paſſent par les joints de la pierrée & ſe réuniſſent dans la conduite. On poſe ſur les dalles des gazons renverſés, pour empêcher qu'en recomblant la fouille il ne tombe rien ſur le fond. Un bon Ouvrier & ſon manœuvre peuvent faire 7 ou 8 toiſes de pierrées en un jour, s'ils ſont bien fournis de matériaux.

Il faut pratiquer des puiſards de diſtance en diſtance dans le fond des tranchées, pour purifier l'eau.

1365. Il eſt bon d'obſerver qu'il faut de 50 toiſes en 50 toiſes faire des puiſards, c'eſt-à-dire, des petits puits de 3 pieds de diametre ſur 5 ou 6 de profondeur, meſuré au-deſſous du fond de la conduite; ces puits ſont deſtinés à recevoir le ſable & le limon que les eaux entraînent avec elles; c'eſt pourquoi il faut les revêtir de bonne maçonnerie de briques, enveloppée d'un conroi de terre glaiſe, pour que l'eau ne s'y perde pas, & pour qu'en étant toujours remplis, elle puiſſe reprendre ſon cours dans la pierrée ſuivante.

Ces puiſards ſont couverts d'une plate-forme chargée de terre; comme ils doivent être curés deux fois l'année, pour en connoître l'emplacement, il convient de les accompagner de bornes aux armes de leurs propriétaires, & d'avoir un plan exact du chemin que tiendra la conduite.

Il eſt eſſentiel de veiller qu'il ne ſoit creuſé aucun puits le long du chemin que ſuivent les pierrées qui pourroient en détourner les eaux, & qu'on ne faſſe aucune plantation dans le voiſinage, de crainte qu'à la longue les racines ne gagnent juſqu'à la conduite, ne détruiſent la pierrée, & ne faſſent refluer l'eau dans des canaux étrangers.

Après avoir pouſſé le canal de pierrée auſſi loin que vont

1366. Après avoir traverſé le terrein qui fournit de l'eau, on ſe ſert de tuyaux pour continuer la conduite juſqu'à l'endroit où l'on veut qu'elle ſe rende, ce qui peut ſe faire ſimplement avec des

tuyaux de bois ou de grès, lorſqu'on ne rencontre en chemin ni fonds ni éminences conſidérables, mais ſeulement des pentes & des contre-pentes douces, le long deſquelles l'eau n'eſt point aſſez forcée pour mettre ces ſortes de tuyaux en danger de crever, autrement il faudroit en employer de fer coulé pour former le reſte de la conduite, ou ne s'en ſervir qu'aux endroits qui en demanderont indiſpenſablement.

les filtrations, l'on continue la conduite avec des tuyaux.

1367. Pour faire des tuyauxde bois, on ſe ſert de troncs d'arbres de chêne, d'orme ou d'aulne, les plus longs & les plus gros qu'on peut trouver ; enſorte qu'étant percés d'un trou, dont le diametre ſoit d'une grandeur convenable à la quantité d'eau qui doit y paſſer, le tuyau ait au moins un bon pouce d'épaiſſeur, ſans y comprendre l'écorce ni l'aubier. On perce ces troncs d'arbres comme les Charrons font les moyeux, en commençant d'abord par un trou d'un petit diametre que l'on augmente enſuite, en ſe ſervant d'autres tarrieres d'un calibre plus fort. Un Ouvrier peut percer ſix toiſes de bois d'orme ou d'aulne d'un trou de deux pouces de diametre en un jour, & ſeulement une toiſe de bois de chêne.

Maniere de ſe ſervir des tuyaux de bois.

Pour joindre enſemble les tuyaux de bois, on affile le bout de l'un, & on aggrandit le diametre de l'autre, afin de pouvoir les encaſtrer enſemble ſur une profondeur convenable, comme on le peut voir dans le premier volume, livre ſecond, ſur la cinquieme planche du ſecond chapitre. Pour plus de ſolidité, il convient de fretter l'extrêmité de chaque tuyau, qui reçoit celle de l'autre, & pour que l'eau ne ſe perde pas, on les enduit de maſtic à froid, qui eſt une compoſition de graiſſe de mouton battue dans un mortier avec de la farine de briques, tant qu'on puiſſe en faire des pelotes molles comme la cire dont ſe ſervent les Sculpteurs ; lorſqu'il ſurvient des trous ou fentes par où s'échappe l'eau, on y chaſſe des coins de bois entourés de filaſſe, enduits du même maſtic.

1368. Les meilleurs tuyaux de grès ſe font à Savigny, près de Beauvais ; ils ont ordinairement deux pieds de longueur, & s'emboîtent auſſi l'un dans l'autre ſur la profondeur de trois pouces ; leur calibre eſt depuis ſix pouces juſqu'à deux. Quand ces tuyaux ont autour de 7 lignes d'épaiſſeur, ils peuvent réſiſter au poids d'une colonne d'eau de 25 pieds de hauteur.

Maniere de ſe ſervir des tuyaux de grès.

Pour les aſſembler, on prend du ciment paſſé au tamis ou du ſable fin, ou du mâche-fer dépouillé de charbon que l'on met en égale quantité avec de la poix raiſine & de la poix graſſe fondue ; lorſqu'elle commence à bouillir, on la remue fortement, en répan-

dant deſſus de la poudre dont nous venons de parler, juſqu'à ce qu'on voie cette compoſition filer, comme ſi c'étoit de la térébentine; on la verſe dans un baquet pour la laiſſer refroidir, enſuite on la caſſe par morceaux que l'on fait fondre quand on veut s'en ſervir. Si l'on s'appercevoit que le maſtic fût trop maigre pour ſe bien joindre aux tuyaux, il faudroit, en le faiſant fondre, y mêler de la graiſſe de mouton, ou de l'huile de noix. Cent livres de ce maſtic coûtent environ douze francs, & il en faut à peu près trois livres pour chaque nœud des tuyaux de 4 pouces de diametre; ainſi des autres à proportion de leur calibre. Ces nœuds ſe forment avec de la filaſſe; il en faut environ 3 livres pour 100 toiſes des mêmes tuyaux. On s'aſſure ſi les nœuds ſont bien faits, en détachant à petits coups de marteau le maſtic qu'on a employé, afin de voir s'il s'eſt bien incorporé avec le grès.

Lorſque les tuyaux ont 5 ou 6 pouces de diametre, & qu'ils ſont par conſéquent trop gros pour être aſſemblés avec du maſtic à feu, par la difficulté de les échauffer & de faire de bons nœuds, on ſe ſert d'un autre maſtic compoſé de chaux & de farine de ciment, dont on garnit le dedans de la boîte & le deſſus de la vis, qu'on pouſſe en tournant de côté & d'autre, tant que leurs bords ſe touchent & que le ciment regorge; alors on ſe ſert de celui qui déborde pour en faire un nœud.

Je paſſe ſous ſilence, qu'avant que d'aſſeoir les tuyaux, il faut applanir le terrein, afin d'adoucir, le plus qu'il eſt poſſible, tout ce qui peut faire obſtacle au libre paſſage de l'eau, obſervant d'enterrer les tuyaux dans une tranchée aſſez profonde pour que la gelée n'y puiſſe pénétrer. J'ajouterai que de quelque maniere qu'on faſſe une conduite, on ne doit point remplir la tranchée qu'on n'ait auparavant éprouvé les tuyaux, pour voir s'il ne ſe rencontre point des défauts par où l'eau pourroit ſe perdre. Pour cet effet on bouche la conduite par l'endroit le plus bas, & on lui fait ſoutenir l'effort d'une colonne d'eau de quelques pieds plus haute que celle qui doit y couler.

Uſage des tuyaux de fer. 1369. Les tuyaux de fer ne ſont en uſage que depuis 1672: M. *Francini* s'eſt aviſé le premier d'en faire conſtruire de cette eſpece; leur longueur eſt ordinairement de 3 pieds; ils ſont accompagnés d'un nombre de brides, à peu près proportioné à leur diametre. Avant que de joindre un tuyau à l'autre, on examine ſi les brides n'ont point quelques grains de fer qu'il faudra détacher, ou quelques irrégularités qui empêcheroient les bords de ſe joindre

immédiatement ; c'eſt pourquoi il convient que les brides ſe jettent tellement en dehors, qu'il s'en faille environ deux lignes qu'elles ne ſe touchent, afin de ſuppléer aux inégalités qui s'oppoſeroient à leur jonctions, qui ne ſe fait qu'après avoir étendu ſur les brides une couche de mortier à froid qu'on accompagne d'une rondelle de cuir, enſuite on ſe ſert de vis & d'écrous compoſés de bon fer.

Epaiſſeur des mêmes tuyaux, leur poids & leur prix par toiſes, ſelon leur diametre.

1370. Quand le fer coulé eſt de bonne qualité, comme celui qu'on tire des forges de Normandie, on donne aux tuyaux de 4 pouces de diametre, 4 lignes d'épaiſſeur ; 5 lignes à ceux dont le diametre eſt de 6 pouces, ainſi des autres de 8, de 10, de 12, &c. pouces, dont l'épaiſſeur croît d'une ligne à meſure que le diametre augmente de deux pouces. Au reſte, il faut prendre garde de ne point recevoir ces tuyaux aux forges qu'on ne les aye bien viſités, pour voir s'ils ont par-tout une égale épaiſſeur, & s'ils ſont exempts de ſoufflure.

Voici le poids & le prix de la toiſe courante des tuyaux de différens calibres de la fabrique de Normandie, que je tiens de M. *Deleſpine*, Contrôleur de la Machine de Marly.

4 pouces de diametre, peſent	160 livres, à	125 liv. le millier, ce qui revient à	20 liv. 0 ſ. la toiſe.
4 ½ pouces, peſent	180 livres, au même prix.		22 10 ſ.
5 pouces, peſent	230 liv. . .	28	15
5 ½ pouces, peſent	250 . . .	31	5
6 pouces, peſent	270 . . .	33	15
8 pouc. à 4 vis, peſ.	320 . . .	40	0 la toiſe.
8 pouc. à 6 vis, peſ.	430 . . .	53	15
12 pouc. à 6 vis, peſ.	700 . . .	87	10
18 pouc. à 8 vis, peſ.	1100 . . .	137	10

Il y a auſſi des forges en Champagne, où l'on fabrique des tuyaux de fer ; j'en ai vu de 3 pouces de diametre à trois vis, qui peſoient 180 livres la toiſe, & qui coûtoient 125 livres le millier, ce qui revient à 22 liv. 10 ſ. la toiſe. Je ne parlerai point préſentement des tuyaux de plomb, parce que l'on ne s'en ſert pas en plaine campagne, étant d'une grande dépenſe & trop expoſé à être volés. Je réſerve de m'étendre ſur tout ce qui leur appartient, en parlant de la conduite des eaux dans les villes. Cependant il eſt bon d'obſerver que lorſqu'on eſt obligé de faire faire un ou pluſieurs coudes

à une conduite de tuyaux de bois, de grès ou de fer, on ne peut ſe diſpenſer de ſe ſervir d'un tuyau de plomb, auquel on donne le contour néceſſaire pour former la jonction des autres, par le moyen des rebords & des brides.

Il faut le long des conduites, pratiquer des regards & des ventouſes.

1371. De quelque eſpece que ſoient les conduites, il faut les accompagner de regards de diſtance en diſtance, pour éprouver les parties qui tiennent ou qui perdent l'eau ; ces regards ne ſont autre choſe que des petits puits ou cheminées, par leſquels on découvre les tuyaux pour mettre l'eau en décharge. On pratique dans le fond un puits perdu pour la recevoir quand on veut mettre une partie de la conduite à ſec ; c'eſt pourquoi il convient, lorſque les tuyaux ſuivent des pentes & des contrepentes, de faire les regards dans les lieux les plus bas par préférence aux autres. Nous reprendrons ce ſujet par la ſuite.

Comme l'air que l'eau entraîne avec elle, cauſe ſouvent la rupture des tuyaux, on a ſoin de pratiquer des ventouſes dans les endroits éminens pour le laiſſer échapper ; ces ventouſes ne ſont autre choſe qu'un petit tuyau vertical enté ſur la conduite, qu'on appuie contre un arbre, un poteau, ou un mur. On la laiſſe toujours ouverte, & l'on obſerve ſeulement de recourber ſon extrêmité pour empêcher qu'aucune ordure ne tombe dedans, & on l'éleve de quelque pieds plus haut que le niveau de la deſtination des eaux. Mais lorſque cette élevation eſt par trop grande, on ſe contente de placer le long de la conduite des robinets qu'on ouvre, lorſque les eaux ayant été miſes en décharge pour quelque réparation, on veut les faire couler tout de nouveau, & on les ferme l'un après l'autre, à meſure que l'eau y parvient. Ainſi l'air eſt chaſſé en avant ſans pouvoir réſiſter au courant de l'eau, ayant la liberté de s'échapper par les ventouſes qui ſe trouvent ouvertes.

Comme ces robinets ne ſervent que pour évacuer l'air lorſqu'on veut remplir les tuyaux, & que ce ſeroit une grande ſujétion d'être obligé d'ouvrir ceux qui répondent à la partie du tuyau où l'air que l'eau a entraînée avec elle ſe trouve cantonné, on peut à chaque regard ſouder ſur la conduite un bout de tuyau vertical de 4 à 5 pouces, fermé par une ſoupape chargée de plomb, pour être en équilibre avec le poids de la colonne d'eau, afin qu'elle ne puiſſe s'ouvrir que par l'effort dont pourra être capable le reſſort de l'air condenſé, qui s'échappera par cette ventouſe dans des circonſtances à peu près ſemblables à celle de l'article 1298.

1372.

1372. Il s'engendre quelquefois des racines dans les tuyaux de conduite, qui proviennent apparemment des graines que l'eau entraîne & dépose dans des petites cavités où il y a de la terre ; ces racines, que les Fontainiers nomment *queues de Renard*, se multiplient si fort par la suite, qu'elles parviennent à remplir la capacité des tuyaux.

Il s'engendre des racines dans les tuyaux, & il se forme des pétrifications.

Il se forme aussi des pétrifications causées par le limon graveleux que l'eau charie, qui s'arrêtant aux parties saillantes des parois, s'y accrochent & grossissent à force d'addition, jusqu'à boucher entierement la conduite. J'ai vu des cylindres de 6 pouces de diametre, composant un corps aussi dur que la pierre, provenant des pétrifications qui s'étoient formées dans la conduite des eaux d'Arcueil, qui étoient réduites à ne pouvoir plus couler que par un diametre de 9 à 10 lignes.

Moyens de remédier à ces inconvéniens.

Les pétrifications naissent ordinairement dans les coudes qu'on est obligé de faire faire aux conduites, parce que l'eau y coulant avec moins de vîtesse, elle a plus de tems pour déposer le sable dont elle est chargée. Le seul remede à cet inconvénient est d'adoucir les coudes ou croissans, en leur faisant faire une portion de circonférence qui ait le plus grand rayon qu'il est possible, & d'augmenter la grosseur de la conduite en cet endroit, afin de suppléer aux obstacles qui s'opposent au cours naturel de l'eau.

Lorsqu'on soupçonne qu'il se forme des engorgemens à quelques endroits d'une conduite, on peut pour s'en assurer, en attachant au bout d'une double ficelle bien forte un morceau de liege proportionné à la grosseur du tuyau, le lâcher à l'entrée de l'eau, pour voir s'il sortira au premier regard, ou ayant porté l'un des bouts de la ficelle, on pourra y attacher quelqu'instrument propre à détourner tout ce qui pourroit former un engorgement. S'il se rencontroit une pétrification assez forte pour arrêter absolument le morceau de liege, il indiquera au moins l'endroit où il faut remédier, qui sera aisé à distinguer par la longueur de la ficelle qui répond au morceau de liege.

1373. Quand on est obligé de faire passer des tuyaux de conduite par une éminence beaucoup plus haute que la source, qui contraint, pour suivre la pente que doit avoir l'eau, de creuser une tranchée fort profonde, on ne peut gueres se dispenser de les loger dans un aqueduc de maçonnerie en façon d'égout, où l'on puisse manœuvrer commodément. Pour cet effet il faut que la voûte soit percée de distance en distance par des regards ou cheminées, afin d'appercevoir les fautes, sans être obligé de

Il y a des occasions où on ne peut se dispenser de loger les tuyaux dans des aqueducs souterreins.

tâtonner long-tems en faisant des fouilles considérables.

Les tuyaux doivent être posés sur des tasseaux élevés de deux pieds au-dessus du fond, pour la commodité des Ouvriers : comme il n'y a pas grand-chose à dire sur ces sortes d'aqueducs, qui ne soit commun à tous les ouvrages de maçonnerie qui se font sous terre, je ne m'y arrêterai pas davantage ; j'ajouterai seulement qu'il est nécessaire d'en faire sous les grands chemins pour mettre les tuyaux à l'abri d'être cassés par l'ébranlement des voitures, l'expérience faisant voir que les meilleurs de fer coulé, n'y résistent pas.

On peut encore se servir des aqueducs souterreins pour amener l'eau tout naturellement jusqu'à sa destination, sans être obligé de se servir de tuyau, lorsque le terrein le permet ; alors on fait un petit canal bien pavé en mortier de ciment dans le fond de l'aqueduc, accompagné de deux banquettes, pour en faire la visite & en faciliter le curement.

Description de l'aqueduc d'Arcueil.

1374. Un des plus beaux aqueducs souterreins que nous ayons en France, est celui d'Arcueil, qui sert à conduire dans une rigole l'eau de plusieurs tranchées de recherches faites en pierrées, dans les campagnes de Rungis, Paret, Coutin. Cet aqueduc a 7000 toises de longueur ; il est construit en pierres de taille depuis le vallon d'Arcueil jusqu'au château d'eau qui est à la porte saint Jacques ; sa pente est de 6 pouces sur 200 toises, & la rigole est accompagnée de deux banquettes de 18 pouces de largeur, sur lesquelles on peut marcher jusqu'au dessus du village d'Arcueil. Sa hauteur, depuis le fond de la rigole jusqu'au dessous de la clef, est de 6 pieds, excepté en quelques endroits où on a été obligé d'en donner moins pour s'assujettir aux grands chemins sous lesquels il passe.

Description de l'aqueduc de Rocquancourt

1375. Un autre aqueduc de cette espece, est celui de Rocquancourt, qui amene l'eau à Versailles ; sa longueur est de 1700 toises, ayant en tout 3 pieds de pente, qui est tout ce qu'on a pu lui en donner. Pour le construire, on a été obligé en plusieurs endroits de faire des fouilles de 14 toises de profondeur ; ce qui en a rendu l'exécution très-difficile. On fit 150 regards sur la longueur de cet aqueduc, qui n'étoient point placés à distance égale, mais seulement aux endroits qui pouvoient faciliter le transport des matériaux ; 80 furent revêtus en maçonnerie, & les 70 autres, qui ne devoient servir que pendant le travail, furent seulement coffrés en bois, & bouchés ensuite par une maçonnerie en cul de four, & comblés de terre jusqu'au niveau de la campagne.

Cet aqueduc, qui a coûté 325000 livres, n'a donné que 6 pouces d'eau depuis 1675 juſqu'en 1678, & quelquefois n'en donnoit que 5, 4, 3, 2, ſuivant que les ſéchereſſes étoient de plus longue durée; mais en 1685, on fit à la tête de cet aqueduc un étang pour deſſécher une campagne appellée *Trou d'Enfer*, & depuis lors il a donné 10 à 12 pouces d'eau, ce qui ſemble confirmer l'opinion qui attribue aux eaux de pluie l'origine des Fontaines.

Des aqueducs élevés par arcades, entr'autres de celui de Maintenon, & de celui qui eſt élevé dans la plaine de Bue.

1376. Lorſqu'on trouve des facilités pour conduire l'eau dans une rigole, & qu'on ne peut ſe diſpenſer de la faire paſſer par des vallons profonds, il faut néceſſairement, pour continuer le niveau de pente, ſoutenir les eaux ſur des aqueducs de maçonnerie élevés par arcades; c'eſt ainſi qu'en ont uſé les Romains pour amener les bonnes eaux dans les villes, comme le font voir les veſtiges qui reſtent de leur magnificence, aux environs de Nîmes, d'Arles, de Frejus, &c. & qui n'ont été imités juſqu'ici que par Louis le Grand, qui en a fait conſtruire pluſieurs à grands frais, pour conduire des eaux à Verſailles & à Marly. On aura une idée de ces aqueducs, en conſidérant la premiere Planche ſur laquelle on a développé celui qui a été commencé proche de Maintenon; on voit qu'il eſt élevé par trois cours d'arcades, dont l'objet eſt de former en l'air la rigole A, accompagnée de deux banquettes B, C, & d'un parapet de chaque côté, afin de pouvoir parcourir la rigole ſans danger, pour la curer de tems en tems. Les piles du premier & du ſecond étage ont été percées dans le milieu D de leur épaiſſeur, pour faciliter les communications au tems de la conſtruction de l'ouvrage, & pour ſervir auſſi en cas de réparations. A l'égard du profil de l'aqueduc élevé dans la plaine de *Bue*, que l'on voit marqué ſur la même Planche, & qui ſert à conduire à Verſailles les eaux que l'on tire de la plaine de *Sçale*, on remarquera qu'il a l'avantage de pouvoir ſervir en même tems de chauſſée aux voitures publiques; je ne m'y arrête pas davantage, parce qu'on en trouvera le devis dans la ſeconde Partie de cet Ouvrage.

PLAN. I.

Quelle eſt la moindre pente que l'on peut donner aux rigoles.

1377. Il eſt aſſez difficile de déterminer au juſte la pente qu'il convient de donner aux rigoles, ſelon la quantité d'eau qui doit y couler. *Vitruve* veut qu'elles ayent 6 pouces de pente ſur 100 pieds de longueur, ce qui eſt beaucoup trop, pluſieurs expériences faiſant voir que 2 pieds pour 1200 toiſes ſuffiſent lorſque la rigole ne fait point de coudes, ou que les retours ſont tellement adoucis qu'ils ne peuvent cauſer une altération fort ſenſible à la vîteſſe de l'eau.

On remarquera en paſſant que le canal de l'étang de Trappes, dont l'eau fut conduite à Verſailles par les ſoins de M. *Picard*, n'avoit que 9 pouces de pente par 1000 toiſes, & que l'eau étant lâchée, mit 4 heures à parcourir 4000 toiſes; il eſt vrai qu'elle étoit chaſſée par une charge de 3 pieds. On ſait auſſi que l'aqueduc de Rocquancourt, dont nous avons parlé ci-devant, n'a que 3 pieds de pente ſur toute ſa longueur, qui eſt 1700 toiſes; ainſi quand le fond ſur lequel coule l'eau n'eſt point rabotteux, l'on peut en toute ſûreté ſuivre pour regle générale, de donner 2 pouces de pente par 100 toiſes.

On penſera peut-être que pour ne point courir les riſques de faire couler l'eau trop lentement, il n'y a qu'à lui donner plus de pente que moins; je conviens que quand on n'eſt gêné par aucune ſujétion, ce parti eſt toujours le plus ſage; mais il arrive ſouvent, lorſqu'on veut conduire l'eau d'un terme à un autre, que la hauteur de leur deſtination eſt limitée, & que la poſſibilité ou l'impoſſibilité d'un projet dépend préciſément de la pente qu'on pourra donner à une rigole ou à un canal. Par exemple, ſi l'on veut amener les eaux de loin pour établir des fontaines dans une ville, il eſt eſſentiel que le château d'eau où elles arriveront ſoit le plus élevé qu'il eſt poſſible, afin que de-là elles puiſſent arriver dans les quartiers éminens, & même beaucoup au-deſſus du rez-de-chauſſée, pour y ménager des réſervoirs proviſionnels, comme nous le dirons par la ſuite. On peut auſſi avoir pour objet de conduire l'eau dans un grand réſervoir pour la faire jaillir dans un jardin; & comme la hauteur des jets dépend néceſſairement de celle de leur ſource, on ne pourra augmenter la pente ſans diminuer la hauteur du réſervoir; c'eſt pourquoi il faut, dans ces occaſions, ſe renfermer dans de juſtes limites.

De la maniere de conduire la pente des rigoles.

1378. Les Ouvriers ayant plus de facilité à mener une tranchée de niveau, que lorſqu'ils ſont aſſujettis à ſe régler ſur la pente qu'on veut lui donner, il convient de les faire toujours travailler de niveau, en diſtribuant la pente par gradins. Je veux dire, que ſi l'on vouloit qu'une tranchée ou une rigole eût 2 pouces par 100 toiſes, il faudroit de 50 toiſes en 50 toiſes deſcendre de 12 lignes, enſuite regaler le fond pour ne former plus qu'un même plan: ce n'eſt pas qu'il n'y ait des aqueducs conſtruits par gradins, entr'autres celui d'Arcueil qui en a de 6 pouces, de 200 toiſes en 200 toiſes.

Il eſt bien eſſentiel de ne pas confondre l'eau qui coule dans des rigoles d'aqueducs, où peu de pente ſuffit, avec celle qui

coule renfermée dans des tuyaux ; parce que la vîteſſe de celle-ci ſe trouvant fort retardée par les frottemens & les ſinuoſités, il faut néceſſairement avoir égard au nombre des pentes & contre-pentes, depuis la priſe d'eau juſqu'à ſa deſtination, afin d'y proportionner la charge. Il eſt difficile d'établir à cet égard des regles déduites de la théorie : c'eſt pourquoi il eſt néceſſaire d'avoir recours à celles qu'on peut tirer de l'expérience.

Dans le cas où une conduite n'auroit que 100 toiſes de longueur, pour porter les eaux d'un réſervoir à un autre, on eſt dans l'uſage de lui donner environ 18 pouces de charge, pour la faire remonter depuis 10 juſqu'à 20 pieds de hauteur : 24 pouces pour la faire remonter depuis 20 pieds juſqu'à 30 ; ainſi de ſuite, en augmentant de 6 pouces par 10 pieds d'élevation, ce qui peut s'étendre juſqu'à celles de 60 pieds : au-delà de ce terme on peut réduire cette augmentation, en ne la faiſant plus que de 4 pouces par 10 pieds. Quant à la diſtance qui ſépare les deux termes, c'eſt-à-dire, celui d'où l'eau part d'avec celui où elle doit être reçue, il faudra, indépendamment des hauteurs où l'eau remonte, avoir auſſi égard à cette diſtance, lorſqu'elle paſſera celle de 300 toiſes, en ajoutant à la charge 3 pouces d'élevation par 100 toiſes.

De la maniere de conduire & de diriger les Eaux aux différens quartiers d'une Ville.

1379. Après avoir amené dans le voiſinage d'une ville les eaux des ſources & des filtrations en auſſi grande quantité qu'on aura pu, il faut de-là les conduire dans des tuyaux de plomb pour les raſſembler toutes, ſi cela ſe peut, dans un château d'eau placé le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible, par rapport à la diſtribution générale, enſorte que les cuvettes qui la recevront ayent autant de hauteur qu'on pourra leur en donner au-deſſus du rez-de-chauſſée des quartiers éminens. Si ces eaux arrivent par différentes conduites, il convient que chacune ait ſa cuvette particuliere, afin d'en pouvoir faire la jauge ſéparément, pour connoître de combien elles augmentent ou diminuent, & diſtinguer celles qui perdront l'eau par les ſubites altérations qui pourront leur ſurvenir : au lieu que ſi pluſieurs conduites aboutiſſoient à une ſeule, on ne pourroit découvrir les fautes ſans des recherches fort pénibles.

Il convient de raſſembler toutes les eaux dans un même endroit, pour en faire la diſtribution générale.

1380. Quand je dis qu'il convient de raſſembler toutes les eaux dans un même endroit, on obſervera que cette maxime ne doit

Attentions qu'il faut

avoir pour soutenir les eaux à la plus grande hauteur qu'il eſt poſſible.

avoir lieu qu'autant que les ſources qui les fourniſſent ſont à peu près au même niveau ; car s'il y en avoit quelques-unes beaucoup plus élevées que les autres, il faudroit les conduire dans une cuvette particuliere, afin de ménager la ſupériorité de l'eau, pour de ce terme, la faire paſſer aux fontaines qui pourront ſe ſucceder juſqu'aux quartiers les plus éloignés de la diſtribution générale.

Ces attentions ſont d'une grande conſéquence, c'eſt pourquoi avant que d'entamer de pareils ouvrages, il ne faut point épargner les nivellemens, afin de prendre ſi bien ſes meſures qu'on n'ait pas lieu par la ſuite de ſe repentir d'avoir agi avec trop de précipitation.

Si les eaux, au lieu de venir des ſources, étoient élevées par une machine, c'eſt alors qu'on ne ſeroit point excuſable de négliger de les faire monter auſſi haut qu'il convient pour établir des fontaines dans les quartiers éminens, quand bien même ils ne ſeroient que peu ou point du tout habités, devant moins conſidérer l'état actuel des choſes que celui auquel elles pourront arriver. Il peut ſe rencontrer dans une grande ville qu'un terrein conſidérable ne ſoit point bâti, parce que l'eau y manque, & que celle qu'on pourroit tirer des puits eſt mauvaiſe, mais qui ne tarderoit gueres à l'être, ſi cet inconvénient ne ſubſiſtoit plus.

Un château d'eau, deſtiné à la diſtribution générale, devant être à peu près le même, ſoit que les eaux viennent des ſources, ou qu'elles ſoient élevées par des machines, puiſque dans l'un & l'autre cas, les tuyaux montans ſe dégorgeront toujours dans des cuvettes ; je vais donner pour exemple celles du château d'eau de la machine appliquée au pont Notre-Dame, qui fournit l'eau à preſque toutes les fontaines de Paris.

Deſcription des cuvettes du château d'eau de la machine appliquée au pont Notre-Dame.

1381. Nous avons dit (1106, 1111, 1113), en décrivant la machine du pont Notre-Dame, que les pompes élevoient l'eau à 81 pieds dans quatre tuyaux, & qu'en 1737 on avoit conſtruit deux équipages de relais pour ſuppléer aux défauts des anciens ; ainſi au lieu de 4 tuyaux montans, il y en a à préſent ſix que l'on peut regarder, ſi l'on veut, comme répondant à autant de conduites particulieres qui ameneroient des eaux des ſources. Si l'on conſidere la premiere & la ſeconde figure de la Planche ſeconde, on y verra le plan & le profil des cuvettes dont nous parlons, placées au dernier étage de la tour qui les éleve d'environ 45 pieds au-deſſus du rez-de-chauſſée du pont Notre-Dame ; de-là l'eau deſcend par trois gros tuyaux, qui paſſant enſuite ſous le pavé des

PLAN. 2. FIG. 1 & 2.

rues, vont ſe rendre dans la cage des fontaines où ils aboutiſſent, enſuite remontent verticalement, & ſe déchargent dans des cuvettes particulieres, d'où l'eau redeſcend par pluſieurs tuyaux, qui la diſtribuent dans différens quartiers, en paſſant encore ſous le pavé.

Pour entrer dans le détail, on ſaura que A, B repréſentent les tuyaux montans des deux équipages qui répondent à la roue méridionale de la machine; C, celui de relais: que D, E déſignent les tuyaux montans des deux équipages de la roue ſeptentrionale, & F, celui de relais.

Quatre de ces tuyaux ſe déchargent dans une cuvette de plomb, formée par les faces GG, HH, percées d'un grand nombre de trous I d'un pouce de diametre, ayant chacun un canon d'un pouce de ſaillie un peu évaſé, ſervant à meſurer le produit de la machine, la dépenſe de chacun étant eſtimée d'un pouce d'eau, lorſque le ſommet eſt ſurmonté par la ſurface de l'eau de la hauteur d'une ligne. Ainſi quand on veut faire la jauge, on ferme un nombre de ces trous avec des chevilles, n'en laiſſant d'ouverts qu'autant qu'il en faut pour entretenir l'eau à la hauteur que nous venons de dire, alors on compte avoir autant de pouces d'eau qu'il y a de trous, par leſquels elle ſort à gueule bée.

Pour calmer la ſurface de l'eau & en faire plus exactement la jauge, on a pratiqué dans le milieu de la cuvette une languette KK, en forme de cloiſon, ſoutenue par des liens de fer L; cette languette ſert à recevoir le choc de l'eau que les tuyaux montans dégorgent, pour empêcher qu'elle ne vienne, en ondoyant, couler par les jauges, vers leſquelles elle ne peut ſe rendre qu'en partant du fond de l'eſpace MM, après avoir paſſé ſous la baſe N de la languette. De-là elle eſt reçue dans une ſeconde cuvette O, d'où elle eſt diſtribuée ſelon la répartition qu'on en veut faire, parce qu'on y a pratiqué pluſieurs baſſinets, dont le pourtour eſt percé de jauges, comme les précédentes, pour n'y laiſſer entrer que la quantité d'eau que l'on veut donner aux quartiers qui leur répondent.

Diſtribution générale des eaux qui partent du château d'eau du pont Notre-Dame.

1382. Par exemple, des baſſinets que l'on voit ici, le premier P reçoit l'eau deſtinée à un nombre de fontaines publiques, en cheminant par caſcades de l'une à l'autre: d'abord elle deſcend par le tuyau Q pour ſe rendre dans une premiere cuvette moins élevée, placée à l'Apport de Paris; de-là dans une ſeconde à la fontaine des Innocens: de celle-ci dans pluſieurs autres, & de ces dernieres encore dans d'autres ſucceſſivement juſqu'aux plus éloi-

gnées ; par conſéquent plus baſſes que toutes les précédentes.

Le ſecond baſſinet R, qui répond au tuyau S, reçoit l'eau deſtinée pour le quartier S. Antoine & le Marais, dont la premiere diſtribution ſe fait à la fontaine ſainte Catherine, vis-à-vis les grands Jéſuites.

Le troiſieme baſſinet T, qui répond au tuyau V, reçoit celle qui eſt conduite d'abord à la fontaine S. Severin, d'où elle eſt diſtribuée aux quartiers de S. Jacques, de S. Victor & du fauxbourg S. Germain.

Le quatrieme baſſinet X n'a point encore de tuyaux deſcendans, étant réſervé pour les nouvelles fontaines qui pourront s'exécuter par la ſuite.

Enfin le cinquieme baſſinet Y, beaucoup plus petit que les précédens, reçoit deux pouces d'eau pour l'Hôtel-Dieu.

PLAN. 2. FIG. 1, 2, & 9.

Chaque tuyau deſcendant ſe ferme quand on veut, par le moyen d'une ſoupape A, attachée à une tige B, dont une partie taillée en vis joue dans un écrou C, lié à un ſupport D ; ainſi on leve ou l'on baiſſe cette ſoupape en faiſant tourner la clef E ; par ce moyen on interrompt la deſcente de l'eau, lorſque pour quelque réparation l'on eſt obligé de mettre une conduite en décharge. Pour empêcher que l'eau n'entraîne d'ordure avec elle, l'entrée de chaque tuyau deſcendant eſt couverte d'une cloche de laiton, compoſée de deux pieces aſſemblées à charnieres, percées de trous, comme le repréſente en grand la figure 9. Cette cloche n'empêche pas qu'on ne leve ou qu'on ne baiſſe la ſoupape.

A l'endroit Z eſt un tuyau de décharge de ſuperficie, qui conduit à la riviere le ſuperflu de l'eau, lorſqu'il arrive qu'on eſt obligé de fermer un ou deux tuyaux deſcendans, qui peut auſſi ſervir de décharge de fond, parce que le bord de ce tuyau ſur lequel eſt ſoudé un boiſſeau, reçoit une eſpece d'entonnoir qui ſurmonte d'un pouce le niveau ordinaire de l'eau, & qu'on ſupprime quand on veut mettre les cuvettes à ſec.

Explication des cuvettes particulieres qui conviennent aux Fontaines publiques.

1383. Pour donner auſſi une idée de la diſpoſition des cuvettes particulieres qui reçoivent & qui diſtribuent les eaux aux fontaines & aux conceſſionnaires, c'eſt-à-dire, aux particuliers qui ont droit d'en avoir chez eux, ſoit par prérogative ou par acquiſition, je donnerai d'abord pour exemple la cuvette de la fontaine ſainte *Catherine*, dont nous venons de faire mention.

La figure que l'on donne aux cuvettes des fontaines publiques eſt arbitraire, & dépend preſque toujours des ſujétions qui viennent de la part du lieu où elles ſont placées ; cependant lorſqu'on peut

peut jouir d'un certain eſpace, il faut éviter de les adoſſer contre un mur, étant bien plus commodes quand elles ſont iſolées; alors on leur donne la forme d'un quarré ou d'un polygone régulier, comme par exemple la cuvette de la fontaine ſainte *Catherine*, qui eſt faite en pentagone, dont le profil, le plan & l'élevation vus en perſpective, ſont repréſentés par les figures 3, 4 & 5, que je vais expliquer.

Je ne m'arrête pas à décrire la diſpoſition de la ferrure qui ſoutient cette cuvette à hauteur d'appui, & me contenterai de faire remarquer, que d'abord le tuyau montant A, qui vient des pompes Notre-Dame, ſe dégorge à gueule bée dans une caſſette circulaire BC, au milieu de laquelle eſt une languette D, pour calmer le mouvement de l'eau (1381) qui, coulant par les jauges, dont le pourtour de la ſurface de la caſſette eſt percé, vient ſe rendre dans la cuvette EF où ſon mouvement eſt encore calmé par une autre languette G; de-là elle eſt diſtribuée par des jauges de différentes grandeurs dans tous les baſſinets compris entre les ſurfaces EF & HI, ayant chacun un tuyau au fond, qui la conduit à ſa deſtination. PLAN. 2. FIG. 3, 4, & 5.

Par exemple, un de ces baſſinets reçoit l'eau qui doit ſe dépenſer à la fontaine ſainte *Catherine*, d'autres celle qui entretient les fontaines du Marais & du fauxbourg S. *Antoine*, & tous les autres baſſinets en font la répartition aux Communautés Religieuſes, & aux maiſons auxquelles il en eſt dû en plus ou moins grande quantité. Ainſi il faut concevoir que les tuyaux qui la reçoivent, après être deſcendus juſqu'en bas, ſe ſéparent & vont ſe rendre en paſſant ſous le pavé dans les endroits où ils doivent aboutir.

L'eau qui part d'une fontaine pour en entretenir une autre, arrive de même dans cette ſeconde par un tuyau montant, qui ſe décharge auſſi dans une cuvette, diſtribuée comme celle dont nous venons de parler, pour en répartir à des conceſſionnaires, & même à d'autres fontaines qui peuvent devenir à leur tour les nourrices des plus éloignées de la ſource; c'eſt ainſi que l'eau peut ſe répandre dans tous les quartiers d'une ville.

1384. Selon ce que nous venons d'inſinuer, on voit que chaque fontaine a un baſſinet particulier, recevant l'eau qui lui eſt propre: or, on ſaura que le tuyau qui eſt adapté à ce baſſinet, ne la conduit pas tout de ſuite à l'endroit où le Public la reçoit, mais dans un réſervoir de plomb, placé de quelques pieds au-deſſus du rez-de-chauſſée de la cage de la fontaine, où elle eſt économiſée pour ne couler que lorſqu'on la veut recevoir: ce réſer-

L'eau de chaque fontaine doit être reçue dans un réſervoir, avant ſa ſortie pour le Public.

voir contient plus ou moins de muids, ſelon la capacité qu'on peut lui donner, eu égard à la place où il eſt renfermé.

De quelle maniere on fait jaillir, quand on veut, l'eau d'une fontaine pour la recevoir en dehors de la cage.

1385. On jugera mieux de la ſituation & de l'objet de ce réſervoir, en conſidérant la premiere figure de la troiſieme Planche, qui repréſente une partie de l'intérieur de la cage de la fontaine ſainte *Catherine*, qui montre que le réſervoir ABC, compoſé de tables de plomb, ſoutenues par des barres de fer, reçoit continuellement l'eau du tuyau deſcendant EF, répondant au baſſinet de la même fontaine. On remarquera qu'au fond de ce réſervoir eſt adapté en deux endroits un tuyau GH, ſervant en même tems de décharge de fond, lorſqu'on veut avoir de l'eau, & de décharge de ſuperficie quand le réſervoir ſe trouve plein, parce qu'à l'endroit I eſt une ſoupape ſuſpendue à l'extrêmité K d'une baſcule KL, portée ſur une potence M, ayant à l'autre extrêmité L une verge de fer LN, qui aboutit à un tourniquet NOP, ſoutenu par une potence R. Or comme ce tourniquet eſt lié avec un boulon PQ, nommé *clef* de la fontaine, dont le bouton S ſaille ordinairement de 4 ou 5 pouces, quand la ſoupape eſt fermée, il arrive qu'en pouſſant avec la main ce bouton, le tourniquet fait un mouvement qui contraint l'extrêmité L de la baſcule de deſcendre & l'autre K de monter, en ouvrant la ſoupape qui laiſſe à l'eau la liberté de couler dans le tuyau qui aboutit à la langue du maſque T; mais auſſi-tôt que l'on vient à lâcher la clef, la ſoupape ſe referme, en faiſant faire à la baſcule & au tourniquet un mouvement contraire au précédent, qui remet la clef dans ſa premiere ſituation.

PLAN. 3. FIG. 1.

Diſpoſition de la décharge de ſuperficie.

1386. Quant à la décharge de ſuperficie, on remarquera qu'à l'endroit V, le tuyau GH eſt adapté avec un boiſſeau, dont le rebord eſt ſoudé ſur le fond du réſervoir, & que dans ce boiſſeau ſe loge un vaſe ou entonnoir attaché au tuyau XV, dont le ſommet, qui eſt accompagné d'un collet, eſt de 4 ou 5 pouces plus bas que le bord ſupérieur du réſervoir, lequel venant à s'emplir pendant la nuit, le ſuperflu de l'eau entre dans le tuyau, ſort par la langue du maſque, & ſe répand dehors pour nettoyer les rues, & le matin la fontaine ſe trouve avoir une grande proviſion d'eau pour fournir abondamment le Public.

Lorſqu'on veut mettre le réſervoir à ſec, on commence par boucher les jauges qui répondent au baſſinet de la fontaine, enſuite on leve le tuyau XV pour ſéparer le vaſe de ſon boiſſeau, auſſi-tôt toute l'eau coule par le tuyau GH ſans interrompre en rien le cours de celle qui eſt diſtribuée aux autres fontaines & aux conceſſionnaires.

Si l'on conſidere la figure 4, on y verra que AB repréſente le bord du boiſſeau CD, dont nous venons de parler, & que EGF exprime le vaſe qui s'ajuſte dedans, accompagné de la partie H du tuyau auquel il aboutit. A l'égard de la ſoupape qui facilite la décharge du fond, la figure 5 en repréſente le plan & le profil lorſqu'elle eſt ouverte. PLAN. 3. FIG. 4 & 5.

1387. Je n'entre point préſentement dans le détail des tuyaux que l'on voit exprimés ſur la premiere figure, je ferai ſeulement remarquer que pour faciliter l'entrée de celui qui conduit l'eau dans la cuvette, & la ſortie de ceux qui la diſtribuent, on pratique au-deſſous du rez-de-chauſſée Y de la cage, un caveau qui aboutit à un aqueduc Z aſſez large pour que les tuyaux puiſſent être ſéparés les uns des autres ſans ſe croiſer, & pour pouvoir facilement les mettre en décharge dans le puiſard voiſin, par le moyen des caniveaux, rigoles, ou conduites qui les reçoivent. Il eſt bon qu'on ſache, que lorſque Meſſieurs de la ville de Paris accordent de l'eau à quelque particulier, ils ne s'engagent de la conduire que juſques dans le fond de ce regard, les conceſſionnaires étant chargés du reſte; ce qui eſt une fort bonne maxime pour éviter les ſoins & les embarras immenſes dont ces Meſſieurs ſeroient inquietés s'ils en uſoient autrement. *De quelle maniere les tuyaux deſcendans ſe partagent à la ſortie de la fontaine.*

1388. Lorſque dans une grande ville il paſſe une riviere dont on veut élever l'eau pour la répandre abondamment dans tous les quartiers, il convient d'avoir deux machines placées le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible pour les faire agir enſemble, ou qu'au moins l'une puiſſe ſervir au défaut de l'autre. Alors il importe extrêmement de diſpoſer les conduites de façon que les fontaines qui recevront l'eau d'une des machines, puiſſent auſſi dans l'occaſion en fournir aux fontaines qui ſeront entretenues par l'autre machine, & reciproquement. *Dans les grandes villes, il faut, lorſqu'on veut élever l'eau d'une riviere, avoir deux machines ſéparées, dont l'une puiſſe agir au défaut de l'autre, & que les fontaines puiſſent donner de l'eau réciproquement.*

De même ſi l'on n'avoit des eaux de ſources que pour entretenir un petit nombre de fontaines, & que pour ſuppléer à celles qu'on voudroit avoir de plus, on fît conſtruire une machine, il faudroit encore prendre des juſtes meſures pour que les eaux de ſources puiſſent paſſer aux fontaines qui ſeroient ordinairement entretenues par des eaux de rivieres, & que ces dernieres puiſſent paſſer de même aux précédentes. Par cette ſage économie, on aura de l'eau de ſource dans tous les quartiers, lorſque le mouvement des machines ſera interrompu par la gelée ou par les crues d'eau, & l'on aura par-tout de l'eau de riviere, lorſque dans le tems des grandes ſéchereſſes, les ſources ſeront conſidérablement altérées. Il eſt vrai

que toutes les fontaines ne ſeront point auſſi abondantes que de coutume; mais c'eſt toujours un grand objet d'empêcher que l'eau n'y manque jamais. Voilà le cas où il importe extrêmement de faire les réſervoirs des fontaines les plus grands qu'il eſt poſſible, afin de ménager l'eau pendant la nuit & dans les heures du jour où l'on en fait une moins grande conſommation.

Pluſieurs fontaines à Paris reçoivent indifféremment de l'eau de ſource & de l'eau de riviere.

1389. C'eſt ainſi qu'à Paris l'on a pluſieurs fontaines qui reçoivent indifféremment l'eau de la riviere & celle des ſources d'Arcueil. Pour montrer de quelle maniere les cuvettes doivent être diſtribuées en pareil cas, je vais rapporter pour exemple celle de la fontaine de la rue des Cordeliers, comme une des mieux entendue.

Deſcription d'une cuvette propre à cet uſage.

PLAN. 2.

FIG. 6 & 7.

Les figures 6 & 7 repréſentent le profil & le plan de cette cuvette, partagée en deux parties égales & ſemblables ABCDE & EFGHA, qui ſont ſéparées par une plaque AE, ſervant de cloiſon; ainſi chacune peut être regardée comme une cuvette particuliere, dont les diſtributions ſont les mêmes; la premiere reçoit des eaux de ſources, venant de la fontaine S. Michel, & la ſeconde en reçoit de la riviere provenant de la fontaine S. Severin.

FIG. 8.

Pour ne m'arrêter qu'à la ſeconde cuvette, dont la huitieme figure repréſente l'élevation en perſpective, on remarquera que les eaux qui ſortent du tuyau I, ſont d'abord calmées par une languette KLM, au-deſſous de laquelle elle paſſe pour venir couler par les jauges pratiquées dans la face NOP; enſuite elle rencontre encore une ſeconde languette QRS qui la calme de nouveau avant que de ſe répandre dans les baſſinets que comprend l'eſpace TFGHXV, d'où elle eſt diſtribuée comme à l'ordinaire.

Pour ne point multiplier les tuyaux deſcendans, on ſaura que chacun répond par une fourche au baſſinet qui lui appartient dans chacune des cuvettes; ainſi l'eau de ſource & celle de riviere coulent dans les mêmes tuyaux pour ſe rendre chez les conceſſionnaires, & aux fontaines que celle ci entretient. Par cet arrangement il ſuffit d'avoir deux tuyaux montans, l'un pour des eaux de ſources, & l'autre pour celle de riviere, dont les conduites peuvent ſervir au défaut l'un de l'autre, & même enſemble, lorſque pour éteindre un incendie, l'on veut faire paſſer dans un quartier le plus d'eau qu'il eſt poſſible.

Précautions qu'il faut prendre pour ſituer avantageuſement les fon-

1390. Quand on veut établir des fontaines publiques, il faut bien prendre ſes meſures pour les ſituer avantageuſement, choiſir les endroits les plus élevés & qui aboutiſſent à de grandes rues, afin qu'elles puiſſent être lavées par le ſuperflu de l'eau, & que

les conduites qui partiront de ces fontaines, pour fournir à d'autres, ſuivent des pentes qui en facilitent la décharge lorſqu'il faudra les vuider. *taines publiques.*

Il faut ſur toute choſe que la cage des fontaines ſoit commode, & que la cuvette de diſtribution ſoit iſolée de même que les tuyaux, pour que les Ouvriers puiſſent paſſer autour des tuyaux, & les réparer ſans faire aucune dégradation; au lieu que faute de cette précaution, il arrive ſouvent que pour en rétablir un qui ſe trouve couvert par d'autres, on eſt obligé de couper ces derniers, par conſéquent de multiplier l'ouvrage, & d'interrompre pendant quelque tems le cours de l'eau dans les endroits où ils la portent. Il convient auſſi, lorſque les cuvettes ſont fort élevées, d'en ſoulager le fond, en ſoutenant le poids des tuyaux deſcendans par des attaches poſés de 10 pieds en 10 pieds.

1391. Il n'eſt pas moins eſſentiel de faire les cuvettes ſolides & d'une belle grandeur, afin que les diſtributions en ſoient commodes; car il eſt bon d'obſerver qu'indépendamment des baſſinets dans leſquels l'eau coule journellement, il doit y en avoir encore d'autres vacans pour s'en ſervir au beſoin; c'eſt pourquoi, lorſqu'on conſtruit une cuvette, on ne ſauroit la faire trop grande, afin d'y ménager beaucoup de baſſinets pour de nouvelles conceſſions. *De quelle maniere les cuvettes des fontaines doivent être conditionnées pour diſtribuer commodément les eaux.*

Lorſqu'une fontaine doit en entretenir pluſieurs autres, il faut faire d'une raiſonnable grandeur les baſſinets qui doivent recevoir l'eau qui leur eſt deſtinée, & percer dans leur languette pluſieurs trous, indépendamment de ceux qui en détermineront la jauge, mais que l'on tiendra fermés pour s'en ſervir ſeulement dans les occaſions où il faudra envoyer à ces fontaines autant d'eau que leurs conduites pourront en ſoutenir, ſoit dans un cas d'incendie, ou dans la vue d'établir par la ſuite des fontaines plus éloignées qui recevroient leurs eaux des précédentes.

Il faut que les languettes dans leſquelles les jauges ſeront pratiquées, ſoient faites de cuivre & non pas de plomb, pour éviter les inconvéniens qui en peuvent réſulter, dont le principal eſt que les jauges percées dans des languettes de plomb, peuvent être aiſément agrandies par des ouvriers ou par d'autres perſonnes qui auroient intérêt de faire paſſer chez des conceſſionnaires plus d'eau qu'il ne leur en eſt due; une jauge de 16 lignes pouvant devenir capable d'une dépenſe de 20 & de 25, ſans que l'on s'en apperçoive, au lieu que ces malverſations ne ſont pas ſi aiſées à commettre ſur le cuivre.

Quant à la hauteur qu'il convient de donner aux parties d'une cuvette, il faut que le tuyau montant en excede le fond de 14 pouces; que la languette, pour calmer l'impétuosité de l'eau, ait 10 pouces au-dessus du même fond, & que celle des jauges en ait 8.

Il ne faut jamais envoyer l'eau d'une cuvette publique à une autre que par des jauges que l'on puisse fermer lorsqu'il y aura des rétablissemens à faire sur la conduite, observant de raccorder la superficie des mêmes cuvettes aux tuyaux qui donnent l'eau au Public, afin que dans le tems qu'on sera obligé d'interrompre une ou plusieurs conduites, l'eau qui y doit couler se rende dans le réservoir.

A l'égard de la maniere de situer les jauges par rapport au niveau de l'eau qui régnera dans la cuvette, pour en faire une répartition judicieuse aux concessionnaires, je vais faire ensorte de traiter ce sujet avec le plus de précision qu'il me sera possible, étant d'une extrême conséquence: mais comme il dépend de plusieurs circonstances qui paroissent n'avoir point encore été bien développées, il convient pour plus d'éclaircissemens de reprendre les choses d'un peu loin.

Dissertation sur le pouce d'eau des Fontainiers.

1392. Quoique j'aye dit dans l'article 342 que le pouce d'eau valoit 14 pintes, chacune pesant 2 livres de 16 onces, écoulées dans une minute, je crois devoir faire remarquer que cette mesure a été jusqu'ici fort équivoque, les Fontainiers n'ayant point eu égard ni au tems de l'écoulement ni à la quantité d'eau écoulée; ils sont seulement convenus d'appeller pouce d'eau la dépense qui se feroit à gueule bée, par un trou d'un pouce de diametre, pratiqué dans une surface verticale, sans se mettre beaucoup en peine à quelle hauteur le niveau de l'eau devoit être entretenu au-dessus du bord supérieur de l'orifice. Ainsi lorsqu'ils veulent jauger la dépense d'une source, ils percent un ais de plusieurs trous d'un pouce de diametre, dont les centres se trouvent sur une ligne horisontale qu'ils ferment avec des chevilles; ensuite ils se servent de cet ais pour former un petit batardeau, afin que l'eau ne puisse s'écouler que par les jauges qu'ils ouvrent l'une après l'autre, jusqu'au moment qu'ils voyent le niveau de la source s'entretenir à peu près à la hauteur du bord supérieur des jauges; alors ils jugent de la dépense par le nombre de celles qu'ils laissent ouvertes.

Pour avoir égard aux dépenses qui seroient moindres que celles d'un pouce, les Fontainiers percent encore dans le même ais d'autres trous plus petits, comme de 11, de 10, de 9, de 8, &c. lignes de diametre, dont les centres se placent sur le même alignement

que celui des pouces. Pour eſtimer la valeur de ces petites jauges, ils ont diviſé le pouce d'eau en 144 lignes, c'eſt-à-dire, en autant de parties égales qu'il s'en trouve dans le quarré du diametre d'un pouce, diviſé en 12 lignes ; ils comptent que le niveau de l'eau étant toujours entretenu à 6 ou 7 lignes du centre des orifices, les jauges précédentes donnent 144, 121, 81, 64, &c. lignes d'eau. Ainſi lorſqu'après avoir ouvert pluſieurs trous d'un pouce, ils voyent que le niveau de l'eau ne s'entretient plus à la hauteur convenable, ils en referment un, & ouvrent une ou deux des petites jauges qui conviennent le mieux, pour arriver par degrés à la meſure qu'ils cherchent. Par exemple, ſi l'eau ſort par 4 jauges d'un pouce, & par celles de 9 & de 2 lignes de diametre ; ils eſtiment que la ſource donne 4 pouces & 85 lignes d'eau, ſans qu'ils ſachent le rapport que cette dépenſe peut avoir avec une autre meſure connue. Il reſte à examiner d'où l'on a tiré cette maniere de jauger, pourquoi l'on s'en ſert plutôt que d'une autre, & ſur quelle autorité elle eſt établie.

Expérience de M. Mariotte, *par laquelle il a voulu déterminer la valeur du pouce d'eau.*

1393. Ce n'eſt que depuis que le *Traité du mouvement des eaux* de M. *Mariotte* a paru, que preſque tous les Mathématiciens ſe ſont accordés à admettre une expérience, par laquelle cet Auteur a trouvé que le niveau de l'eau étant entretenu à une ligne au-deſſus du bord ſupérieur d'un orifice d'un pouce de diametre, pratiqué dans une ſurface verticale, il en ſortoit environ 14 pintes dans le tems d'une minute, d'où il a conclu la valeur du pouce d'eau des Fontainiers. Je dis environ 14 pintes, parce que pluſieurs autres perſonnes, & M. *Mariotte* lui-même, ayant répété cette expérience, en ont trouvé tantôt plus ou moins, mais le plus ſouvent 13 pintes $\frac{3}{8}$; cependant l'on s'en eſt tenu à 14 pintes, pour plus de commodité, parce que dans l'eſpace d'une heure le pouce d'eau donnera 3 muids de Paris, par conſéquent 72 en 24 heures, de ceux qui contiennent 8 pieds cubes, & le pied cube 35 pintes. Ainſi l'on peut par ce moyen meſurer bien plus aiſément la dépenſe d'une ſource, qu'en ſe ſervant de la jauge des Fontainiers, puiſqu'il n'y a qu'à recevoir dans un baquet l'eau qu'elle fournira lorſqu'elle ſera toujours entretenue à ſon niveau naturel ; enſuite on jugera de ſon produit par le nombre de pintes ecoulées dans le tems d'une minute, qu'on n'aura plus qu'à diviſer par 14, pour avoir des pouces & des lignes d'eau. Par exemple, ſi on avoit reçu dans le baquet 38 pintes en une minute de tems, la ſource auroit fourni 2 pouces $\frac{1}{7}$; & pour avoir la valeur de la fraction en lignes d'eau, on dira, ſi 14 pintes, valeur d'un pouce, donnent

144 lignes, combien donneront 10 pintes qui reſtent de la diviſion? On trouvera à peu près 103 lignes.

La valeur du pouce d'eau n'a point encore été fixée par aucune loi ni ordonnance; il ſeroit à ſouhaiter qu'on ſût à quoi s'en tenir.

1394. Quoique cette maniere de jauger paroiſſe adoptée de la plûpart de ceux qui ſe ſont appliqués au mouvement des eaux, il eſt eſſentiel d'être prévenu qu'il n'y a aucune loi ni ordonnance qui l'ait autoriſée, ni même qui ait fixé ce qu'on doit entendre par un pouce d'eau. Cependant il paroît que cette meſure eſt aſſez importante pour mériter l'attention des Magiſtrats, afin de prévenir les difficultés qui peuvent naître entre ceux qui ſont chargés de la diſtribution des eaux publiques, & les perſonnes à qui il en eſt dû de droit, ou qui veulent en acquérir; toutes les autres meſures ſont déterminées ſans que perſonne oſe les augmenter ni les altérer, ayant leur matrice dépoſeé au Greffe, pour en faire de tems en tems le contrôle.

Le pouce d'eau n'étant point déterminé, il arrive que dans la diſtribution des eaux publiques, qui ſe fait ſans avoir égard au tems de leur écoulement, ni à leur quantité réelle par rapport à une meſure connue, ceux qui en diſpoſent ne peuvent ſavoir exactement ce qu'ils en donnent aux conceſſionnaires, ni ces derniers ce qu'ils en reçoivent, parce que la hauteur du niveau de l'eau dans chaque cuvette eſt arbitraire, eu égard à la ſituation des orifices ou jauges par leſquelles l'eau coule dans les baſſinets, & parce que ces jauges, qui ſont preſque toutes de différentes grandeurs, ne donnent point effectivement des quantités d'eau proportionnées aux quarrés de leur diametre. Car de deux jauges, l'une de 6 & l'autre de 3 lignes de diametre, il n'arrive pas que la premiere donne 36, & la ſeconde 9 lignes d'eau, ni même que la dépenſe de celle-ci ſoit le quart de l'autre, comme on en va juger.

De quelle maniere on diſtribue dans Paris, l'eau des fontaines publiques.

Inconvéniens de la méthode qui eſt en uſage à cet égard.

1395. Pour ne parler que de ce qui ſe pratique à Paris dans la diſtribution des eaux des fontaines publiques, qui ſont les ſeules que j'ai été à portée d'examiner ſérieuſement, on ſaura qu'aux cuvettes qui m'ont paru les mieux conditionnées, on a tracé une ligne horiſontale qui regne tout autour de la languette des jauges, à une diſtance de 5 ou 6 pouces du fond (car elle n'eſt pas la même dans toutes les cuvettes), & que c'eſt ſur cette ligne que ſe rencontre le centre des orifices ou jauges circulaires, qui déterminent la quantité d'eau que reçoivent les baſſinets qui leur répondent. A l'égard de la grandeur des mêmes jauges, elles peuvent avoir depuis 12 juſqu'à une ligne & demie de diametre, toutes les autres intermédiaires que la Ville a adoptées pour le choix des conceſſionnaires ayant leur diametre dans l'ordre des termes de la progreſſion ſuivante,

ſuivante, que j'ai accompagné du nombre de lignes d'eau qu'on eſtime que toutes ces jauges doivent donner continuellement.

Diametre des jauges.																			
12	11 $\frac{1}{2}$	11	10 $\frac{1}{2}$	10	9 $\frac{1}{2}$	9	8 $\frac{1}{2}$	8	7 $\frac{1}{2}$	7	6 $\frac{1}{2}$	6	5 $\frac{1}{2}$	5	4 $\frac{1}{2}$	4	3 $\frac{1}{2}$	3	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$
Dépenſe des mêmes jauges en lignes d'eau.																			
144	132	121	110	100	90	81	72	64	56	49	42	36	30	25	20	16	12	9	6	4	2

Il faut être prévenu auſſi qu'entre la languette de jauge & celle de *calme*, il y a dans le fond de la cuvette un tuyau adapté à un boiſſeau, dans lequel s'encaſtre un vaſe ou entonnoir poſtiche, recevant la décharge de ſuperficie (1382) qui va ſe rendre dans le réſervoir qui eſt ménagé dans la fontaine où eſt cette cuvette. Or comme la hauteur du bord ſupérieur de cet entonnoir, au-deſſus du fond de la cuvette, n'eſt pas limitée, il arrive que celle du niveau de l'eau ne l'eſt pas non plus par rapport au centre des jauges, & que par conſéquent la charge n'étant point la même dans toutes les cuvettes, les jauges des unes doivent dépenſer plus ou moins que celle des autres, & ſervir plus ou moins avantageuſement les conceſſionnaires de différens quartiers. Mais ſuppoſons que pour remédier à cet inconvénient, on diſpoſe les choſes de façon que dans toutes les cuvettes la charge de l'eau ſoit uniforme, il reſtera toujours à ſavoir à quelle diſtance le niveau de l'eau doit être du centre des orifices, pour que la dépenſe qui ſe fera par celui d'un pouce de diametre ſoit effectivement d'un pouce d'eau; mais comment déterminer ce point, puiſque la valeur du pouce d'eau ne l'eſt pas?

Le pouce d'eau, eſtimé de 14 pintes, n'eſt pas commode pour les petites jauges.

Quelle eſt la valeur qui lui conviendroit le mieux.

1396. Il eſt naturel de penſer que ſi Meſſieurs les Prevôt des Marchands & Echevins de la ville de Paris avoient à aſſigner une valeur au pouce d'eau, relativement à la durée d'une minute & à une meſure d'uſage, ils ne pourroient mieux faire que d'adopter celle que M. *Mariotte* leur a donnée, comme étant déja connue; mais c'eſt dommage que cette valeur du pouce ne ſoit point du tout commode pour évaluer & vérifier les petites jauges, parce que le nombre 14 n'eſt point aliquote du pouce d'eau diviſé en 144 lignes, mais il le ſeroit s'il valoit 18 pintes. Alors une ligne d'eau vaudroit un poinçon ou la huitieme partie de la pinte de Paris, au lieu que nous ne connoiſſons point de meſure qui ſoit exactement la 144e partie de 14 pintes: pour cela M. *Mariotte*

n'avoit, dans ſon expérience, qu'à augmenter un peu la charge de l'eau, en cherchant de combien de lignes ſon niveau devoit ſurmonter le centre de l'orifice pour dépenſer 18 pintes en une minute. D'ailleurs, comme on ne fait point de conceſſion pour une ſeule ligne d'eau, & que l'on n'en donne guere moins de quatre, je ne vois pas la néceſſité de diviſer le pouce en 144 lignes; il ſeroit bien plus commode que cette diviſion ne fût que de 36; alors une ligne en valant 4 des anciennes, ſera vendue le quadruple, & pourra ſe rapporter plus aiſément à une meſure d'uſage.

Inconvéniens de changer la valeur du pouce d'eau.

1397. S'il s'agiſſoit d'établir pour la premiere fois des fontaines dans une ville, dont les eaux ſeroient à la diſpoſition des Magiſtrats, il conviendroit qu'ils aſſignaſſent au pouce d'eau une valeur qui fût auſſi commode qu'il eſt poſſible dans ſes diviſions, relativement à celle d'une autre meſure connue; mais lorſque les choſes ſe trouvent établies par un long uſage, on rencontre ſouvent plus d'inconvéniens pour les réformer, qu'il n'en réſulteroit d'avantages; & voilà, ce me ſemble, le cas où ſe trouvent Meſſieurs de la ville de Paris. Car quoique la valeur de leur pouce d'eau ne paroiſſe pas déterminée, il faut pourtant convenir que n'étant autre choſe que celui des anciens Fontainiers, la valeur que lui a donné M. *Mariotte*, approche plus qu'aucune autre de celle qui peut lui convenir, parce qu'il n'y a point de doute, que quand on a commencé à ſe ſervir de cette meſure pour jauger l'eau des fontaines publiques, l'on n'ait eu pour objet de laiſſer ſortir l'eau continuellement à gueule bée par un trou vertical d'un pouce de diametre, ſuffiſant pour cela que ſon niveau ſurmontât tant ſoit peu le bord ſupérieur de l'orifice; & c'eſt ce qu'a fait M. *Mariotte*, en le fixant à une diſtance de 7 lignes du centre. Si l'on remarque à Paris un grand nombre de fontaines où l'eau ſoit entretenue à une plus grande hauteur, cela vient de ce que la ſource en fournit plus que les jauges n'en devroient dépenſer naturellement, ou que la décharge de ſuperficie eſt trop haute, & ne reçoit pas le ſuperflu qui devroit tourner au profit du Public. Ainſi fondé ſur pluſieurs autres remarques qui ſeroient trop longues à rapporter, je préſume avec beaucoup de vraiſemblance, que dans les fontaines, le niveau de l'eau devroit toujours être entretenu à 7 lignes au-deſſus du centre des jauges; alors le pouce, ſur lequel on compte, vaudra environ 14 pintes. Les choſes étant ainſi, on ne pourroit en augmenter ou diminuer la valeur ſans de grandes difficultés, parce qu'il faudroit, pour continuer à donner aux conceſſionnaires la même quantité d'eau qu'ils ont toujours eue, renouveller leur con-

trat d'acquiſition pour les mettre ſous des expreſſions différentes.

1398. Suppoſant que la valeur du pouce d'eau ſoit fixée à 14 pintes de Paris, écoulées dans une minute, pour que le niveau EF de l'eau ſoit entretenu à 7 lignes au-deſſus de la ligne CD, ſur laquelle ſe trouve le centre des jauges I, K, L, M, N, O, P, Q, leur diametre allant de ſuite en progreſſion arithmétique depuis 12 juſqu'à 2 lignes, chacune pratiquée dans la languette qui répond à ſon baſſinet, il ne s'enſuivra pas que la répartition de l'eau ſe faſſe exactement; parce que les dépenſes de ces jauges, ou la ſomme des différentes vîteſſes de leurs filets d'eau, & les déchets cauſés par les frottemens, ne ſeront point dans la raiſon des quarrés de leur diametre: (491) le raiſonnement confirmé par l'expérience faiſant voir que les petits orifices donnent beaucoup moins que les grands, à proportion de leur ſuperficie.

Les dépenſes des jauges circulaires ne ſont pas dans la raiſon des quarrés de leur diametre.

PLAN 3. FIG. 2.

Si le niveau EF de l'eau étoit toujours entretenu à la même hauteur, on pourroit, après avoir pratiqué dans une languette un orifice d'une grandeur déterminée, eu égard à ce qu'on veut qu'il dépenſe, l'augmenter tant ſoit peu pour arriver par degrés à la grandeur qui lui convient, ſuppléer aux frottemens, & faire que la dépenſe effective égale la dépenſe naturelle. Ayant trouvé par des expériences exactes le diametre qui convient aux grandes & aux petites jauges, pour qu'elles dépenſent préciſément la quantité d'eau qu'on veut qu'elles fourniſſent, d'après ces connoiſſances on pourroit établir un inſtrument qui ſerviroit à déterminer le calibre de toutes les jauges, pourvu que les languettes aient la même épaiſſeur que celle qui aura ſervi aux expériences, n'y ayant point de doute que les plus épaiſſes cauſent plus de frottement, par conſéquent plus de déchet, & au contraire: c'eſt pourquoi il ne faut jamais faire de canons aux orifices, parce qu'ils retardent conſidérablement la vîteſſe de l'eau.

1399. Voilà ſans doute le meilleur parti qu'on pourroit prendre, ſi, comme je viens de le dire, le niveau de l'eau pouvoit être toujours entretenu à la même hauteur; mais c'eſt ce qui n'eſt guere poſſible. Car ſi les cuvettes reçoivent des eaux de ſource, il arrivera dans les tems de ſéchereſſe que leur niveau baiſſera inſenſiblement; & ſi ces eaux ſont élevées par une machine compoſée de pluſieurs équipages de pompes, ſujettes à de fréquentes réparations, l'eau baiſſera tout-à-coup quand on ſera obligé d'arrêter un ou pluſieurs équipages. Alors le niveau EF deſcendant juſqu'en GH, comme cela ſe rencontre ſouvent, il arrivera que les grandes jauges I, K, L, M, donneront toujours de l'eau, & d'autant

Inconvénient des jauges circulaires, dont les centres ſont placés ſur une même ligne horiſontale.

plus qu'elles ſont plus grandes, au lieu que les petites N, O, P, Q n'en donneront que fort peu, & les moindres point du tout, parce qu'elles ſe trouveront au-deſſus du niveau de l'eau, d'où il réſultera de juſtes plaintes de la part des conceſſionnaires, les uns ſe trouvant avoir de l'eau & les autres en manquer, ſans que ceux qui ſont chargés de la diſtribuer puiſſent y mettre ordre.

Si cet inconvénient n'arrivoit que rarement, & qu'il ne durât que deux ou trois heures, c'eſt-à-dire, autant de tems qu'il en faut pour faire à la machine les réparations les plus preſſées, on pourroit n'y avoir point égard; mais dans les grandes ſéchereſſes, qui durent quelquefois trois ou quatre mois, c'eſt alors que la répartition des eaux eſt d'une inégalité qui n'eſt pas ſupportable, ſoit qu'elle vienne de la part de la riviere ou des ſources.

De quelque maniere que l'on ſitue les jauges circulaires, leurs dépenſes ne ſeront jamais proportionnelles aux quarrés de leur diametre.

1400. On penſera peut-être que pour rendre en tout tems les dépenſes des petites jauges plus proportionnelles à celles des grandes, il n'y auroit qu'à les faire appuyer toutes ſur une même ligne horiſontale RS, diſtance de 13 lignes du niveau déterminé EF; mais quand ce niveau viendra à baiſſer comme ci-devant à la hauteur GH, il arrivera tout le contraire de ce qui précede, c'eſt-à-dire, que pluſieurs des petites jauges dépenſeront l'eau à gueule bée, tandis que les plus grandes ne fourniront pas ſeulement la moitié de ce qu'elles doivent donner. Il ſuit de-là que tant qu'on ſe ſervira d'orifices circulaires pour des cuvettes où le niveau ſera ſujet à varier, il ne ſera pas poſſible d'en faire judicieuſement la répartition; il s'agit donc de ſavoir quelle figure peut leur convenir le mieux pour remédier à un inconvénient de cette importance.

La ſeule maniere de bien faire les jauges, eſt de leur donner une figure rectangulaire.

1401. Après y avoir long-tems réfléchi, je n'ai point trouvé de meilleur moyen pour bien diſtribuer les eaux, que de faire les orifices ou jauges rectangulaires, leur donner la même hauteur, & placer leur baſe ſur une même ligne horiſontale EF, parce qu'alors les dépenſes de toutes ces jauges ſeront toujours dans la raiſon de leur baſe, à quelque hauteur que ſoit le niveau de l'eau. Ainſi lorſqu'elle viendra ſubitement à baiſſer, par les cauſes que nous venons de rapporter, la répartition ſe trouvera proportionnée pour chaque conceſſionnaire, ſelon la diminution de la ſource; & ſi une fontaine en entretient pluſieurs autres, la dépenſe de ces dernieres ſe trouvera diminuée dans la même proportion, ſans que les Fontainiers ſoient obligés de s'intriguer pour empêcher que de certains quartiers ne manquent d'eau, comme cela arrive quelquefois à Paris par la mauvaiſe diſpoſition des jauges, qui eſt

cauſe que la plûpart des fontaines ſe trouvent les unes par rapport aux autres dans le même cas que les conceſſionnaires, dont les uns ont de l'eau, tandis que les autres en manquent (1399).

Quelle eſt la charge & les dimenſions qu'il convient de donner à une jauge rectangulaire pour dépenſer un pouce d'eau.

1402. Pour déterminer les dimenſions des jauges rectangulaires, eu égard à leur dépenſe, nous commencerons par celle d'un pouce, puiſque toutes les autres en dérivent ; pour cela je n'en connois point de plus commode que de faire un pertuis de 3 pouces ou de 36 lignes de baſe ſur 4 de hauteur, dont la ſuperficie eſt de 144 lignes quarrées, qui fourniront enſemble la dépenſe d'un pouce d'eau ou 14 pintes dans une minute, lorſque le niveau de l'eau ſera entretenu à une ligne au-deſſus du bord ſupérieur du pertuis, comme on en va juger.

Preuve pour faire voir qu'un pertuis vertical de 3 pouces de baſe ſur 4 lignes de hauteur, dépenſera un pouce d'eau lorſque ſon niveau ſera un peu au-deſſus du bord ſupérieur.

1403. Le pouce d'eau peſant 28 livres, & le pied cube 70, on connoîtra le volume d'un pouce d'eau, en diſant : ſi 70 livres donnent 1728 pouces cubes pour ſon volume, que donneront 28 livres? On trouvera 691 $\frac{1}{2}$ pouces cubes pour le volume de l'eau qui doit ſortir par une jauge rectangulaire de 36 lig. de baſe ſur 4 de hauteur, dont la ſuperficie eſt d'un pouce quarré. Ainſi diviſant 691 $\frac{1}{2}$ pouces cubes par 1, ſuperficie du pertuis, la vîteſſe moyenne de l'eau par minute (533) ſera de 691 $\frac{1}{2}$ pouces courans, qu'il faut diviſer par 60, pour avoir cette vîteſſe par ſeconde, qui ſe trouve de 11 pouces $\frac{31}{60}$. Si l'on cherche dans la troiſieme Table du premier volume, page 257, la chûte capable d'une pareille vîteſſe, on la trouvera d'environ 2 lignes & un quart, qui montre que l'eau pourra ſortir à gueule bée, puiſque la chûte ſe trouve un peu plus grande que la moitié de la hauteur du pertuis. Mais comme le frottement contre les bords ne manquera pas d'altérer ſa vîteſſe, on voit qu'on ne peut pas donner moins d'une ligne de charge ; il y a même beaucoup d'apparence qu'il en faudra davantage, & que cette charge pourra aller à 2 ou 3 lignes, ce qui ne peut être déterminé que par l'expérience ; auſſi je compte qu'on en fera pour fixer dans les cuvettes le niveau ordinaire EF de l'eau, par le moyen de la décharge de ſuperficie (1395) ; il me ſuffit d'avoir prouvé qu'elle ſortira à gueule bée quand elle dépenſera un pouce, puiſque la hauteur du pertuis n'eſt pas trop grande par rapport à ſa baſe.

PLAN. 3. FIG. 3.

Maniere de déterminer la grandeur des jauges dont la dépenſe eſt moindre que celle d'un pouce.

1404. Préſentement, quand on voudra avoir des jauges dont la dépenſe ſoit au-deſſous de celle d'un pouce d'eau, comme par exemple de 36 lignes, il n'y aura qu'à leur donner 9 lignes de baſe en conſervant toujours la hauteur de 4 lignes ; ainſi des autres juſqu'à la jauge de la plus petite conceſſion, qui ſera réduite à une

ligne de baſe pour dépenſer 4 lignes d'eau (1396); ſi l'on en vouloit 6, on fera la baſe d'une ligne & demie. En un mot, il eſt clair qu'une ligne de baſe donnant 4 lignes d'eau, une demi-ligne n'en donnera que la moitié; ainſi voulant une jauge qui dépenſe 11 lignes d'eau, il faudroit donner à ſa baſe 2 $\frac{3}{4}$ lignes.

La grandeur des jauges ne peut être déterminée exactement que par des expériences.

1405. Il faut convenir que de toutes les manieres de diſtribuer l'eau, celle-ci eſt la plus exacte & la plus commode; car, comme je l'ai déja dit, les dépenſes ſeront toujours proportionnelles aux baſes des jauges, à quelque hauteur que ſe rencontre le niveau GH de l'eau, lors même qu'elle ne coulera pas à gueule bée. Je ſai bien qu'en faiſant leur baſe de la grandeur qui leur conviendra naturellement, les frottemens ſeront cauſe que leur dépenſe ſera moindre que celle qu'elle devroit donner; mais il ſera aiſé d'y ſuppléer en élargiſſant les jauges par degrés, juſqu'à ce qu'on ſoit parvenu à les rendre capables de ce qu'elles doivent produire, ſans jamais toucher à leur hauteur.

Quand on paſſe de la théorie à la pratique, ce n'eſt jamais ſans rencontrer des accidens qui ne peuvent être rectifiés que par la pratique même, auſſi je compte qu'après avoir ébauché toutes les jauges dont on aura beſoin, on fera des expériences pour déterminer leur véritable grandeur; que là-deſſus on conſtruira un inſtrument qui comprendra tous les calibres qui auront été déterminés par les mêmes expériences, & qu'on s'en ſervira pour pratiquer des jauges convenablement à leur dépenſe.

Il faut que les petites jauges ſoient éloignées des grandes, pour que la dépenſe des premieres ne ſoit point altérée.

1406. Comme les grandes jauges conſomment beaucoup d'eau qui vient de toutes parts à l'endroit où il y a le plus de mouvement, il eſt eſſentiel d'obſerver que, lorſqu'une petite jauge ſe trouve dans le voiſinage d'une grande, cette derniere abſorbe en partie l'eau qui auroit dû couler par l'autre, qui ſe trouve mal ſervie, quoique la charge ſoit la même. Pour éviter cet inconvénient, il faut, autant que cela ſe peut, les éloigner, & même diviſer les grandes en pluſieurs autres plus petites, qui fourniſſent enſemble la même quantité d'eau. Par exemple, quand il ſera queſtion de faire couler dans un baſſinet un ou pluſieurs pouces d'eau, ſoit pour la fontaine où ſe fait la diſtribution, ou pour quelque autre que celle-ci doit entretenir, il faut faire le baſſinet aſſez grand pour qu'un pouce d'eau puiſſe couler par quatre jauges de 9 lignes de baſe, placées de front; & lorſqu'il y en aura un grand nombre, il convient que le baſſinet ſoit ſitué à un des côtés de la cuvette où l'eau a le plus d'étendue, afin qu'il ſoit mieux fourni.

1407. Quant à la maniere de fermer toutes ces jauges dans les occaſions où il faudra interrompre le cours de l'eau, on fera des diaphragmes de feuilles de laiton, qui ſe leveront verticalement, comme autant de petites vannes à couliſſe, dont le jeu ſera terminé par une ſaillie attachée ſur la languette de jauge, pour les mettre hors de priſe.

Les jauges rectangulaires doivent être fermées avec de petites vannes à couliſſe.

PLAN. 3. FIG. 3.

Comme la dépenſe des jauges ne peut être proportionnelle à leur ſuperficie, qu'autant que les baſes ſeront ſur une même ligne horiſontale CD, on voit de quelle conſéquence il eſt que le fond des cuvettes ſoit bien de niveau, & établi aſſez ſolidement pour qu'aucun côté ne fléchiſſe jamais, de crainte que la charge ne devienne plus forte en un endroit qu'à l'autre ; c'eſt pourquoi il faut que ce fond ſoit formé de tables de plomb d'environ ſix lignes d'épaiſſeur.

1408. La hauteur de la languette de jauge devant être de 8 pouces (1391), on obſervera que la ligne horiſontale ſur laquelle doivent régner les baſes des jauges, ſoit élevée de 5 pouces, afin de les éloigner de la vaſe que l'eau dépoſera au fond des cuvettes : alors il reſtera une bordure de 2 pouces 8 lig. au-deſſus du ſommet des jauges, qui retiendra l'eau, lorſque quelquefois l'air que renferme la conduite la fera jaillir avec impétuoſité : quant à l'épaiſſeur de cette languette, il faut qu'elle ſoit la même pour toutes les cuvettes, & égale à celle dont on ſe ſera ſervi dans les expériences qui auront donné la véritable grandeur des jauges.

A quelle hauteur au-deſſus du fond des cuvettes les jauges doivent être pratiquées

1409. Lorſqu'on veut conſtruire des fontaines publiques, il faut, avant que de déterminer la poſition des cuvettes, prendre de juſtes meſures pour les ſituer à la plus grande hauteur qu'il eſt poſſible ; enſorte que celles qui recevront leurs eaux immédiatement de la diſtribution générale, ne ſoient inférieures à la ſource qu'autant qu'il convient pour que l'eau qui coulera dans leurs conduites, comme dans un ſyphon, puiſſe remonter en quantité ſuffiſante. On aura la même attention pour la faire paſſer de ces premieres cuvettes à d'autres plus éloignées, & des ſecondes aux troiſiemes, ainſi de ſuite, ſans ſe mettre en peine ſi ces dernieres paroîtront beaucoup plus élevées qu'il ne faut, eu égard à la ſituation des quartiers où elles ſe trouveront placées, parce qu'on doit moins conſidérer l'état préſent des choſes que celui où elles pourront arriver. En effet, une ville peut recevoir des agrandiſſemens & ſe trouver dans le cas d'établir des fontaines, bien au-delà des bornes que l'on s'étoit preſcrites ; alors ſi l'on n'a pas ménagé à l'eau toute la ſupériorité qu'on auroit pu lui donner, on mérite le blâme de la poſtérité d'avoir eu des vues trop bornées.

Il faut dans les fontaines publiques établir les cuvettes à la plus grande hauteur qu'il eſt poſſible.

Quand même ce que l'on a voulu prévoir n'auroit jamais lieu, où eſt l'inconvénient de ſe conformer à la maxime ſur laquelle j'inſiſte? Ne peut-il pas arriver que l'on ſoit obligé d'entretenir des réſervoirs élevés dans des hôtels conſidérables, manufactures, hôpitaux, &c. d'où il faudra la diſtribuer dans d'autres réſervoirs deſtinés à différens uſages, qui ne pourront avoir lieu qu'autant que le premier aura une certaine élevation au-deſſus du rez-de-chauſſée; ce qui dépendra néceſſairement de celle de la ſource.

Maniere de déterminer par le calcul l'élevation des cuvettes par rapport à celle de la ſource.

1410. Il ne me ſuffit pas d'avoir inſinué qu'il falloit établir les cuvettes à la plus grande hauteur poſſible: il nous reſte à expliquer de quelle maniere on trouvera le terme auquel l'eau peut remonter. Pour cela on commencera par faire des nivellemens exacts, afin de connoître l'élevation du niveau de la ſource, ou celle du fond des cuvettes du château d'eau au-deſſus de l'endroit le plus bas où il faudra que l'eau paſſe dans le tuyau de conduite; ce qui déterminera la hauteur de la branche de *chaſſe*. On choiſira enſuite la groſſeur qui conviendra le mieux de donner à la conduite, & l'on fera uſage des regles que nous avons établies au commencement du ſecond chapitre de ce Livre, principalement dans l'article 1214, afin de trouver par le calcul le point d'élevation qu'on cherche, c'eſt-à-dire, la hauteur de la branche de *fuite*, qui n'eſt pas toujours celle du tuyau montant, parce qu'il peut ſe rencontrer en chemin des pentes & des contre-pentes, qui feront que le pied de ce tuyau ne ſera point le plus bas de la conduite.

De quelle maniere on peut par des expériences trouver la véritable élevation des cuvettes, pour que la dépenſe effective ſoit égale à la dépenſe naturelle.

1411. Comme l'eau n'arrivera jamais à ſa deſtination en auſſi grande quantité qu'on en doit avoir, parce que les frottemens, coudes, pentes & contre-pentes en retarderont beaucoup la vîteſſe, ce n'eſt que par l'expérience qu'on peut en eſtimer le déchet & juger de combien il faudra diminuer la hauteur de la branche de fuite. Ainſi le parti le plus ſage & le plus infaillible, eſt de ne point aſſeoir le plancher ſur lequel la cuvette doit être poſée, qu'on n'ait d'abord établi la conduite & dreſſé le tuyau montant, pour y faire couler l'eau, afin qu'en diminuant par degrés ſon élevation, on parvienne à recevoir, non-ſeulement l'eau que la cuvette doit dépenſer ordinairement, mais la plus grande quantité qu'on eſtimera pouvoir jamais y faire paſſer. Tandis que l'on fera cette opération, il faudra être informé ſi le niveau de l'eau ſe maintient à ſa hauteur ordinaire dans l'endroit d'où elle part, afin de ſavoir ſi elle deſcend & ſi elle remonte naturellement. Après cela on ſera en état de diſpoſer pour le mieux l'intérieur de la cage de la fontaine; & comme le point qu'on aura trouvé par le calcul,

pour

pour l'élevation de l'eau, ne ſera pas fort éloigné de celui qui peut rendre la dépenſe effective égale à la dépenſe naturelle, on pourra juger, même avant l'exécution, des ſuites de l'ouvrage que l'on veut entamer.

Il eſt eſſentiel de faire les tuyaux de conduite plus gros qu'ils ne devroient être, pour avoir égard aux nouvelles-fontaines qu'on voudroit conſtruire dans la ſuite des tems.

1412. Pour ne travailler que relativement aux différens projets qui pourront avoir lieu par la ſuite des tems, un point eſſentiel encore eſt de faire toujours les tuyaux de conduite plus gros que ne le demandera la quantité d'eau qui doit y couler ordinairement. Il ſeroit même à ſouhaiter que toutes les fontaines ſe communiquaſſent par de doubles conduites, pour avoir lieu l'une au défaut de l'autre dans le tems des réparations, & toutes deux enſemble, lorſque pour un incendie on voudra faire paſſer dans un quartier beaucoup plus d'eau que de coutume; alors les choſes une fois bien établies, le Public en tireroit de grands ſecours, ſur-tout dès qu'on prendra les autres précautions que j'expliquerai par la ſuite. Au reſte, pour ne rien négliger de ce qui peut appartenir à l'intérieur des fontaines, voici quelques obſervations ſur la conſtruction des réſervoirs.

Maniere de bien conſtruire les réſervoirs deſtinés aux fontaines publiques.

1413. Pour conſtruire un bon réſervoir, il faut que les tables de plomb qui ſerviront à le former ſoient forgées près à près à la maſſe, de maniere à ne pouvoir compter les impreſſions du marteau; & comme cela ne ſe peut faire ſans rouler & dérouler ces tables, cette façon eſt extrêmement néceſſaire pour fermer les gerſures par leſquelles l'eau pourroit filtrer : il eſt arrivé pluſieurs fois que faute d'avoir pris cette précaution, on s'eſt trouvé dans la fâcheuſe néceſſité de détruire des réſervoirs peu de tems après leur conſtruction.

L'épaiſſeur des tables dont nous parlons, doit être d'environ deux lignes & demie, peſant 14 livres le pied quarré; & comme on peut leur donner juſqu'à 16 pieds de longueur ſur 4 de largeur, il faut les employer dans toute leur étendue, de maniere qu'il n'y ait que le moins de jonction qu'il eſt poſſible, parce que c'eſt preſque toujours à l'endroit des ſoudures que naiſſent les fautes. C'eſt pourquoi lorſque 4 pieds de profondeur ſuffiront à un réſervoir, il convient d'employer les tables bout à bout, pour faire une ceinture qui en formera le pourtour; mais lorſque la profondeur ſera plus grande, il faudra les diſpoſer verticalement par bandes, en commençant par le bord ſupérieur, & replier ce qui reſtera de leur longueur pour former une partie du fond.

1414. Il faut bien ſe garder de revêtir de madriers ou de maçonnerie ces ſortes de réſervoirs, on doit ſe contenter d'en ſou-

Les réservoirs qui sont soutenus en l'air doivent être isolés & entretenus par une carcasse de charpente.

tenir le fond & la hauteur par une carcasse de charpente, solidement assemblée, le pourtour composé de poteaux distans de 4 ou 5 pouces les uns des autres, afin d'appercevoir les fautes, & de pouvoir les réparer sans tâtonner, & pour n'être pas la dupe des Plombiers, qui ne cherchent qu'à employer leur soudure. Quand ces tables seront posées verticalement, il faut que la soudure qui en fait la jonction soit appuyée contre les poteaux; c'est pourquoi il convient, avant que de les établir, de régler leur distance, relativement à la largeur de ces tables, qui doit être la plus grande qu'il est possible; observant de faire saillir en dedans du réservoir l'arrête des 4 poteaux des angles & celles du chassis de fond, afin que ces arrêtes rabattues soutiennent les jonctions qui leur répondent, qui ne doivent jamais porter à faux, parce qu'elles ne tarderoient guere à se détacher, si rien ne les aidoit à soutenir la poussée de l'eau. On observera aussi que les angles & le fond en soient bien arrondis, parce que les Plombiers ne pouvant facilement ployer ni assujettir leur plomb à angles droits, il se forme un vuide entre le plomb & les poteaux des angles, qui fait que le plomb se déchire à cet endroit par l'action de la poussée de l'eau.

Je ne dis rien des équerres de fer qui doivent fortifier les angles, ni des tirans qu'il faudra employer pour soutenir les faces opposées lorsque les réservoirs auront beaucoup d'étendue, laissant à la discrétion de ceux qui les feront construire, de prendre toutes les précautions nécessaires pour prévenir les accidens.

Cette maniere de contenir les réservoirs est bien meilleure que d'y employer du fer, parce qu'à moins que les barreaux ne soient près à près, le poids de l'eau fait souffler le plomb entre deux, qui ne peut fléchir sans se couper contre leurs arrêtes. Il est essentiel que ces réservoirs soient isolés & qu'on puisse manœuvrer librement autour; il faut même, autant que cela se peut, les élever assez pour découvrir le dessous du fond, afin d'appercevoir les endroits par où l'eau se perdra; c'est ce qui n'est point praticable, quand ils sont renfermés dans une caisse, ou enveloppés de maçonnerie.

Fabrique des tuyaux de plomb, & leur préférence à ceux de fer, lorsqu'ils sont employés sous le pavé des rues.

1415. Tous les tuyaux qu'on emploie à Paris sont de plomb, enterrés à 3 pieds de profondeur au-dessous du rez-de-chaussée des rues; on ne se sert plus de ceux de fer coulé, parce que l'on a reconnu qu'ils ne résistoient pas à la charge des voitures, qui les cassoient fréquemment, sans pouvoir tirer aucun parti des morceaux, au lieu que le plomb étant d'une matiere moins aigre, fléchit lorsqu'il ne peut soutenir des fardeaux extraordinaires. Comme il y a plusieurs choses essentielles dont il faut être instruit pour faire

un bon uſage des tuyaux de cette eſpece, je vais expoſer en peu de mots ce qu'il importe le plus de ſavoir ſur ce ſujet.

Pour faire de bonnes conduites, il ne faut point employer de plomb provenant des démolitions de vieux bâtimens, à moins de le mêler par moitié avec celui d'Allemagne, & il en réſultera un bon alliage.

On ne doit point employer le plomb d'Angleterre ſeul, non plus que celui d'Allemagne, le premier étant trop aigre, & le ſecond trop flexible; mais les deux mêlés enſemble ſeront d'un fort bon uſage, ſi l'alliage eſt compoſé de trois quarts de plomb d'Angleterre, ſur un quart de celui d'Allemagne.

Les tuyaux de plomb ſe faiſoient autrefois avec des tables arrondies & ſoudées de long, emboîtées de 12 pieds en 12 pieds, & raccordées par des nœuds de ſoudure; mais depuis qu'on s'eſt aviſé de jetter les tuyaux en moule, on préfere ces derniers aux autres, l'uſage en ayant paru beaucoup meilleur; cependant la maniere dont on les fabrique ne les rend pas à beaucoup près auſſi bons qu'ils pourroient l'être, parce que les moules n'ayant que trois pieds & demi au plus de longueur, on eſt obligé de couler ces tuyaux à pluſieurs repriſes par des jets, dont les différens degrés de chaleur ne peuvent jamais former une auſſi bonne liaiſon que s'ils étoient coulés tout de ſuite avec des moules de 10 ou 12 pieds de longueur, compoſés d'un bon métal qui ne pût ſe dépouiller par la chaleur, comme cela arrive quand on les fait de potain.

Les tuyaux doivent être placés le long des maiſons, pour les éloigner de la route des voitures; on obſervera de n'en brancher que le moins qu'on pourra, parce qu'ils rendent les fautes trop difficiles à découvrir; cependant dans les cas indiſpenſables, il faudra placer un robinet & un regard ſur la branche près de la priſe d'eau, afin d'en interrompre le cours quand il ſera néceſſaire.

Il convient que les Villes ayent des moules en propre pour la conſtruction des tuyaux de plomb.

1416. Comme la mauvaiſe façon des tuyaux de plomb cauſe des réparations continuelles, le meilleur parti que peuvent prendre ceux à qui appartiennent les eaux, eſt d'avoir des moules en propre avec leſquels on feroit de bons tuyaux, qui auroient toujours les mêmes diametres & les épaiſſeurs qui doivent leur convenir, eu égard à leur calibre & à leur charge, & qui ne pourroient plus manquer que par les nœuds de ſoudure, laquelle doit être compoſée de deux tiers d'étain ſur un tiers de plomb, au lieu que celle dont on ſe ſert pour le cuivre, doit être de trois quarts d'étain ſur un quart de plomb.

Il y auroit beaucoup de choſes à dire ſur la maniere d'employer

le plomb & de bien faire les nœuds de ſoudure, que je paſſe malgré moi ſous ſilence, pour ne point entrer dans des détails qui me meneroient trop loin. Je dirai ſeulement que la plomberie étant une profeſſion qui n'eſt guere connue que de ceux qui l'exercent, il convient d'éclairer de près les ouvriers qu'on employera, & d'exiger des Maîtres une garantie de 4 ou 5 ans, qui juſtifie la bonté de leur ouvrage.

Voici les diametres, les épaiſſeurs & le poids par toiſes des différens tuyaux de plomb qu'on emploie à Paris pour la conduite des eaux.

Les plus groſſes conduites qui partent de la diſtribution générale ont 6 pouces de diametre ſur 7 lignes d'épaiſſeur, & la toiſe peſe autour de . . . . 400 liv.

Les tuyaux de 4 pouces de diametre ont 6 lignes d'épaiſſeur, & la toiſe peſe 190

Ceux de 3 pouces ont 5 lignes d'épaiſſeur, & la toiſe peſe 180

Ceux de 2 pouces ont 4 lignes d'épaiſſeur, & la toiſe peſe 72

Ceux de $1\frac{1}{2}$ pouce ont 3 pouces d'épaiſſeur, & la toiſe peſe 58

Ceux de 1 pouce ont $2\frac{1}{2}$ lignes d'épaiſſeur, & la toiſe peſe 35

Tous les petits tuyaux peuvent avoir juſqu'à 18 pieds de longueur, mais les gros n'en peuvent guere avoir que 12, parce que s'ils en avoient davantage, leur poids les rendroit d'une trop difficile exécution, & l'on auroit de la peine à les aſſeoir dans les tranchées: ils s'emboîtent les uns dans les autres, & ſe lient par des nœuds de ſoudure. A Paris le prix de la livre eſt de ſix ſols, indifféremment pour tous les calibres précédens.

Quant à la quantité de ſoudure que l'on emploie pour lier ces tuyaux ſelon leur calibre, il faut pour ceux de 6 pouces de diametre 15 livres de ſoudure par nœud; pour ceux de 4, 10 livres; pour ceux de 3, 8 livres; pour ceux de 2, 6 livres; pour ceux d'un pouce & demi, 4 livres; & pour ceux d'un pouce, 3 livres. A Paris la livre de ſoudure vaut 18 ſols.

De 50 toiſes en 50 toiſes, il faut faire des regards, robinets, & puiſards le long des conduites.

1417. Pour épargner les longues recherches qu'il faut faire le long des conduites quand on veut découvrir les fautes par où l'eau ſe perd, il convient d'avoir des robinets placés dans des regards, auxquels on donne quatre pieds en quarré ſur 6 de profondeur; ces regards doivent répondre à un puiſard de 3 pieds de diametre,

creuſé juſqu'à l'eau, placé à droite ou à gauche de la conduite à une diſtance de 8 ou 10 pieds pour recevoir les eaux, lorſqu'on voudra mettre la conduite en décharge, afin de pouvoir la nettoyer & l'éprouver. Il eſt bon d'obſerver que les regards qui ſont accompagnés de puiſards, doivent être placés dans les plus baſſes parties de la conduite.

On jugera de la forme des robinets qui ſe placent dans les regards, en conſidérant les développemens repréſentés par les figures 6, 7, 8, 9 & 10; la ſeptieme & la huitieme montrent que le boiſſeau A eſt accompagné de trois branches B, C, D, dont la premiere & la ſeconde ſe trouvent dans l'alignement du tuyau avec lequel elles ſont encaſtrées & ſoudées bout à bout, de façon que la premiere B, qu'on ſuppoſe du côté de la ſource, reçoit le tuyau & l'autre C entre dedans, afin que l'eau dans ſon cours ne rencontre point d'arrêts qui retardent ſa vîteſſe, & qui pourroient donner lieu à des engorgemens. PLAN. 3. FIG. 6, 7, 8, 9 & 10.

Quant à la troiſieme branche D, elle eſt faite en bec de corbin pour que l'eau jailliſſe de haut en bas dans le fond du regard ſur une pierre taillée en caniveau, qui aboutit au puiſard. Les figures 6 & 9 expriment l'élevation & le plan de la clef du même robinet, percée de maniere qu'on peut en la tournant de différens ſens interrompre le cours de l'eau, mettre en décharge tels côtés de la conduite que l'on veut, & même tous deux à la fois, ſi on le juge néceſſaire : cette clef eſt liée avec ſon boiſſeau par une rondelle, ſoutenue d'une clavette. Il faut que la groſſeur des robinets ſoit proportionnée à celle des tuyaux, afin qu'ils ne retréciſſent point le paſſage de l'eau qui doit couler par-tout librement ; & lorſqu'en ſe conformant à cette maxime, ils deviennent trop matériels pour pouvoir être tournés à la main, on termine leur ſommet par une tête quarrée qui s'emboîte avec deux clefs de fer enclavées l'une ſur l'autre, dont la ſeconde aboutit à un levier que la puiſſance fait tourner, comme on le voit repréſenté dans la quatorzieme figure. PLAN. 3. FIG. 14.

Maniere de découvrir les fautes des conduites, lorſqu'il n'en paroît pas de ſignes extérieurs.

1418. Lorſqu'on ignore l'endroit où une conduite perd l'eau, on ouvre le regard le plus prochain de la ſource, on en ferme le robinet, enſuite l'on va à la fontaine qui donne l'eau à cette conduite, pour voir ce qui ſe paſſe dans le baſſinet qui lui répond. Si l'on s'apperçoit que l'eau deſcende dans ſon tuyau, c'eſt une marque que la faute que l'on cherche eſt entre la fontaine & le premier regard. Si au contraire le tuyau deſcendant refuſe l'eau, c'eſt une preuve que la faute eſt plus loin ; alors on ouvre le robi-

net du premier regard, pour rendre à l'eau la liberté de couler, & l'on ferme celui qui répond au regard qui eſt immédiatement après ; on revient à la cuvette faire les mêmes obſervations, & ſi le tuyau deſcendant refuſe l'eau comme auparavant, c'eſt une marque que la faute eſt encore plus loin. En continuant de même d'un regard à l'autre, on parvient à ſavoir dans quelle étendue ſe trouve compriſe la faute, que l'on découvre en faiſant des fouilles entre les deux regards ; ce qui rend l'ouvrage d'autant plus long & plus pénible, que ces regards ſe trouvent à une plus grande diſtance l'un de l'autre. Ainſi l'on voit combien il importe de ne point en épargner le nombre pour éviter le renverſement du pavé, & la longueur du tems qu'on emploie à des recherches inutiles, pendant lequel l'eau ceſſe d'aller à ſa deſtination.

Quand les tuyaux de conduite ſuivent des pentes & des contre-pentes, il les faut accompagner de ventouſes.

1419. Lorſque les conduites regnent le long d'une ſuite de pentes & de contre-pentes, il ne ſuffit pas de pratiquer des regards & des robinets dans les lieux bas pour mettre les eaux en décharge, il faut encore les accompagner de ventouſes (1371) élevées de 2 ou 3 pieds plus haut que le niveau de la deſtination de l'eau, par où l'air puiſſe s'échapper, lorſqu'après quelques réparations, on remettra les eaux en voie. Autrement il y aura toujours des endroits où l'air ſe cantonnant, retardera le paſſage de l'eau (1272) & cauſera même la rupture des conduites, s'il ſe rencontre (comme cela arrive ſouvent) des parties plus foibles que d'autres ; parce que quand l'eau deſcendra de la ſource avec précipitation pour les remplir, elle condenſera cet air, dont le reſſort venant enſuite à ſe débander ſubitement, fera un effort beaucoup au-deſſus de la charge que les conduites ſont en état de ſoutenir, ce qui eſt aiſé à concevoir pour peu qu'on y penſe. Il faut que ces ventouſes ſoient placées au ſommet des pentes & des contre-pentes ; & pour les mettre hors d'atteinte, qu'elles ſoient enclavées dans les pignons des maiſons qui ſe trouveront le plus à portée.

Indépendamment des regards qu'il faut pratiquer dans les lieux bas, il convient d'en avoir auſſi au ſommet des pentes, d'où l'on puiſſe tirer de l'eau pour éteindre les incendies.

1420. Dans les grandes villes où il y a beaucoup de fontaines publiques, & où il ſe rencontre par conſéquent des tuyaux de conduite ſous le pavé des principales rues, il eſt extrêmement avantageux d'avoir des regards & des robinets au ſommet de toutes les pentes d'où l'on puiſſe, en cas d'incendie, faire couler l'eau en abondance dans différens quartiers, comme on vient de l'exécuter à Paris, moyennant un robinet & une tige repréſentés dans la treizieme figure, dont voici la deſcription.

Suppoſant que le cercle A exprime le profil d'un tuyau de conduite auquel on a adapté un robinet BC placé dans un regard,

on ſaura que l'extrêmité C, qui eſt taillée en vis, ſe ferme ordinairement avec une boîte L pour que les ordures n'y entrent pas, & que cette extrêmité s'ajuſte quand on veut avec un écrou D pratiqué au pied d'une tige DEF faite de cuivre, ayant trois pouces de diametre ſur une hauteur de 4 pieds pour que ſon ſommet excede de 18 pouces le rez-de-chauſſée. Cette tige eſt compoſée de deux pieces FE, & ED encaſtrées enſemble à l'endroit E, comme un ſucrier avec ſon couvercle, afin de pouvoir tourner en tout ſens la partie ſupérieure FE, & répandre l'eau ſur la pente qui répond à l'incendie après avoir ouvert le robinet. Pour mieux diriger l'eau, l'extrêmité G de la tige s'ajuſte avec un canon I, qui peut recevoir au beſoin un tuyau de cuir H, dont nous avons ſupprimé la longueur ; ce tuyau ſert pour paſſer des hauteurs que l'eau ne ſauroit affranchir, ou pour la conduire immédiatement dans les cuves deſtinées au ſervice des pompes, lorſque l'incendie eſt aſſez à portée ; autrement elle ſort par l'ajutage K, dont le canon eſt accompagné, & ſuit naturellement la pente du pavé juſqu'au trou qu'on a creuſé en terre pour la recevoir. Le robinet BC ne pouvant être adapté qu'à de gros tuyaux, & même peu ſolidement, la figure onzieme en repréſente un autre beaucoup plus commode, & qui ne peut faire obſtacle comme le précédent au cours ordinaire de l'eau ; d'ailleurs, comme la clef de ce dernier a les mêmes propriétés que celle que nous avons décrite dans l'article 1417, on peut ſans aucune ſujétion empêcher que l'eau ne paſſe au-delà du regard, & l'obliger à ſortir toute par la tige, au lieu qu'avec le premier robinet, il faut pour arrêter le cours de l'eau, en aller fermer un autre au-deſſous du précédent.

PLAN. 3. FIG. 13.

FIG. 11 & 12.

Ordre que l'on doit obſerver pour faire un bon uſage des regards & des robinets deſtinés aux incendies.

1421. Comme les regards dont nous parlons n'ont rien de commun avec ceux qui ſervent à mettre les conduites en décharge, il faut les fermer par des trappes ferrées de maniere qu'on les diſtingue aiſément des autres, avoir une liſte de leurs emplacemens avec le nom des rues qu'ils peuvent arroſer, afin que dans le moment que l'incendie commence, on ſache d'où l'on peut tirer du ſecours. Alors ceux qui ont la direction des eaux doivent ſe rendre aux fontaines qui répondent aux conduites des regards précédens, afin d'y faire paſſer la plus grande quantité d'eau qu'il eſt poſſible, en arrêtant le cours des autres deſtinations ; ſi les jauges des baſſinets de ces conduites ne ſuffiſent pas, on peut y ſuppléer par des ſyphons qui feront paſſer l'eau des cuvettes dans les mêmes baſſinets ; enfin l'on doit fermer tous les robinets des

branches qui pourroient répondre à la conduite principale, pour empêcher que l'eau ne se partage.

Les réservoirs qui sont dans les maisons des concessionnaires, peuvent être d'un grand secours pour éteindre les incendies.

1422. On tireroit encore beaucoup de secours des réservoirs qui sont chez les concessionnaires, si on ne leur accordoit de l'eau qu'à condition qu'ils auront un tuyau fermé par un robinet pour la conduire dans la rue à 3 pieds au-dessus du rez-de-chaussée, afin d'y avoir recours dans les occasions qui intéresseroient essentiellement le Public. Alors quand ces réservoirs se trouveront à portée d'un incendie, non-seulement on profitera de l'eau qui pourra s'y trouver, mais on aura encore la facilité de les entretenir pleins, en faisant passer dans leur conduite autant d'eau qu'elles en pourront soutenir; c'est pourquoi il faudroit obliger les concessionnaires à ne point se servir de tuyaux qui n'ayent au moins 2 pouces de diametre; il y va de la sagesse des Magistrats de n'accorder des graces aux particuliers que relativement au bien public, qui doit toujours faire leur principal objet.

A Paris les eaux sont divisées en deux départemens séparés, l'un pour celles des maisons Royales, & l'autre pour celles du Public.

1423. A Paris, la conduite des eaux est divisée en deux départemens séparés; le premier, qui appartient au grand Fontainier de France, embrasse généralement les eaux réservées pour les Maisons Royales, & les fonds destinés à l'entretien de ces eaux sont pris sur le domaine du Roi. Le second, qui comprend tout ce qui a rapport aux fontaines publiques & aux concessions qui en dépendent, est de la juridiction de Messieurs les Prévôt des Marchands & Echevins; c'est à eux seuls, comme dispensateurs des deniers communs de la Ville, qu'il appartient d'ordonner l'exécution des ouvrages nécessaires pour la conduite des eaux, & de voir si tout se passe dans l'ordre, suivant les réglemens de Police qu'ils ont établis, pour que la distribution des eaux ne soit point interrompue & se fasse judicieusement. Pour juger par eux-mêmes si ceux qui leur sont subordonnés s'acquittent exactement de leurs devoirs, ils vont visiter souvent les machines, fontaines, regards & cuvettes où il y a des distributions publiques & particulieres, & constater les réparations ou les nouveaux projets qu'ils ont en vue.

Comme il y a toute apparence que les grands desseins qu'ils ont formés, ne tarderont point à être mis en exécution, on a lieu d'espérer de voir un jour Paris égaler l'ancienne Rome par la magnificence de ses eaux. Qu'il est glorieux à des Magistrats de mériter le titre flatteur de Peres du peuple, en manifestant la sagesse de leur administration par des monumens qui annoncent à la postérité l'étendue de leur zele pour tout ce qui intéresse les besoins & les commodités publiques!

1424.

1424. Si les eaux publiques méritent une attention particuliere, il faut auſſi que ceux qui ſont commis pour en faire la diſtribution, animés du même eſprit, ſoient uniquement occupés à remplir dignement leurs fonctions. Rien ne leur doit être indifférent, cette partie de l'Architecture Hydraulique préſentant tous les jours de nouveaux ſujets de réflexion dont ils peuvent tirer de grands avantages; quand on eſt appliqué aux devoirs de ſon état, on profite de tous les événemens, & même de ſes fautes.

Maximes générales ſur ce qui peut appartenir à la conduite des eaux publiques.

Il convient d'avoir un plan exact de la Ville pour y diſtinguer le chemin que tiendront les conduites, l'emplacement des fontaines, regards, puiſards, robinets, ventouſes, & que ce plan ſoit accompagné d'une légende qui explique tout diſtinctement, avec un nivellement général qui donne non ſeulement la ſupériorité des cuvettes les unes à l'égard des autres, mais auſſi la hauteur des pentes & contre-pentes des rues, afin d'être inſtruit dans le moment de tout ce qui peut intéreſſer.

Il faut bien de la prudence pour diſtribuer les eaux avec économie, ſelon l'étendue & les beſoins des quartiers, étant naturel d'en faire paſſer davantage aux fontaines qui ſont éloignées de la riviere, & dans les marchés, afin de les laver. Si on travaille ſur une conduite qui interrompe le cours de l'eau à ſa deſtination ordinaire, il convient d'augmenter la dépenſe des fontaines qui ſont le plus à portée de dédommager le quartier qui en manque; on doit obſerver auſſi dans le tems que les eaux ſeront conſidérablement diminuées, ſoit par de grandes ſéchereſſes, ou par l'interruption des machines, d'en ſuſpendre le cours aux conceſſionnaires pour les tourner entierement au profit du Public. La ville de Paris a été autoriſée d'en uſer ainſi par un Arrêt du Conſeil du Roi rendu le 26 Novembre 1666, ſans que cet Arrêt faſſe mention du terme où l'eau leur ſera rendue.

On doit avoir ſoin de vuider les conduites, cuvettes & réſervoirs à la veille des grandes gelées, pour prévenir les dommages qu'elles pourroient cauſer, & de ne jamais remettre les eaux en voie ſans ouvrir les robinets pour laiſſer échapper l'air. Il convient auſſi de ménager les réparations, de maniere qu'on ne ſuſpende point le cours des eaux pour une ſeule affaire, à moins qu'elle ne ſoit conſidérable, & de prendre ſi bien ſes meſures, qu'on puiſſe profiter de l'occaſion pour exécuter ou rétablir les différens objets qui ont quelque rapport entre eux.

Il importe extrêmement d'être bien inſtruit des qualités & façons de tous les matériaux qu'il faudra mettre en œuvre, afin de

pouvoir en faire un bon choix, & de les employer de la maniere la plus avantageuſe, en conduiſant les ouvriers, ſans ſe repoſer ſur eux de l'exécution des ouvrages qui mériteront quelque attention. Si ces ouvrages ne ſont point ordinaires, il faut en communiquer le projet à d'habiles gens pour profiter de leurs lumieres, & n'en point trop prendre ſur ſoi, en conſidérant qu'il eſt des fautes irréparables.

Il eſt peu de gens capables de bien diriger les ouvrages qui ont rapport aux eaux publiques.

1425. Il y a peu de gens capables de bien faire exécuter les travaux de cette eſpece; cependant comme ils ſont d'une extrême importance, c'eſt aux Magiſtrats à n'employer que des perſonnes intelligentes, prévenues de bons principes de théorie & de pratique: ces ſortes d'emplois ne devant point s'acquérir par la finance, & encore moins par la faveur. Un bon Fontainier n'eſt point un homme ordinaire, il eſt peu de commiſſion qui demande plus de capacité & de prudence. Le juſte diſcernement de Meſſieurs les Prevôt des Marchands & Echevins de la ville de Paris eſt bien marqué dans le choix qu'ils ont fait de M. *Sirebeau*, pour remplir dignement un poſte auſſi épineux; les fréquens entretiens que j'ai eu avec lui ſur les eaux, m'ont mis en état de juger de ſa capacité & de ſes talens; je lui rends volontiers ce témoignage, que c'eſt à lui ſeul à qui je ſuis redevable de toutes les connoiſſances qui me manquoient pour écrire ce chapitre d'une maniere auſſi inſtructive.

Diſcours préliminaire ſur la décoration des fontaines publiques.

1426. Il me reſte à parler de la décoration qui peut convenir aux fontaines publiques, ſelon leur ſituation; mais comme ce ſujet appartient entierement à l'Architecture civile, je m'y attacherai peu. J'aurois pourtant fort ſouhaité que Paris m'eût fourni quelques beaux morceaux, comme on en trouve dans la plûpart des villes d'Italie, principalement à Rome; mais la décoration de nos fontaines eſt ſi ſimple, qu'excepté celle des Innocens, au coin de la rue aux Fers, qui eſt vraiment digne d'admiration par la régularité de ſon Architecture & la beauté de ſes bas-reliefs, on peut dire que toutes les autres n'ont rien qui les éleve au-deſſus du médiocre (*), c'eſt pourquoi je n'en rapporte que trois priſes au haſard qui pourront ſervir de modele, lorſqu'on voudra uſer d'économie. Cependant, pour ne point m'en tenir là, j'ai enrichi ce chapitre de quelques nouveaux deſſeins de la compoſition de M. *Blondel*, connu par le traité qu'il vient de donner au Public ſur *la décoration intérieure & extérieure des Edifices.*

(*) Ceci eſt écrit en 1739, avant que la fontaine de la rue de Grenelle, par le célebre *Bouchardon*, fût commencée à bâtir. On peut voir les deſſeins & la deſcription de cette magnifique fontaine dans le Recueil des plus beaux édifices de Paris, connu ſous le titre de *l'Architecture Françoiſe*, tome premier, pag. 226.

1427. Il n'y a guere que trois ſituations différentes qui puiſſent convenir aux fontaines publiques ; la premiere eſt de les enclaver dans l'alignement des maiſons d'une rue ; la ſeconde, dans l'un des angles droits ou coins d'un carrefour, qui eſt le lieu le plus commode pour la diſtribution de l'eau, parce que quand il ſe trouve au ſommet de la pente des rues, il peut ſervir de point de partage aux conduites qui partiroient de cette fontaine pour en entretenir d'autres ; la troiſieme eſt dans le milieu des places publiques, parce qu'on y rencontre ordinairement les mêmes avantages, & qu'elles peuvent en faire l'ornement.

Les ſituations différentes qui conviennent aux fontaines publiques, ſe réduiſent à trois.

1428. La planche quatrieme comprend les façades des trois fontaines que j'ai dit avoir tiré de Paris, qui ſe trouvent dans la ſituation qui convient au premier cas. La premiere repréſente la fontaine de la porte ſaint Germain, ou des Cordeliers, dont nous avons décrit la cuvette de diſtribution dans l'article 1389 ; la ſeconde, celle de la Charité, rue Taranne ; & la troiſieme, celle qui eſt dans la rue S. Denis proche la porte : leurs plans ſont rapportés ſur la planche huitieme.

Explication des façades de trois fontaines exécutées à Paris.

PLAN. 4 & 8.

1429. La planche cinquieme repréſente un des nouveaux deſſeins de fontaine que M. *Blondel* m'a fait pour être placé comme les précédentes, dans l'alignement d'une rue ; l'Ordre d'Architecture qui y regne, eſt Toſcan ruſtique : en en trouve le plan ſur la planche huitieme.

Explication des trois nouveaux deſſeins pour la décoration des fontaines publiques, convenables aux ſituations précédentes.

La planche ſixieme repréſente une fontaine qu'on ſuppoſe placée au coin d'une rue, ſelon la ſeconde ſituation. Ce deſſein offre un grand morceau d'Architecture, dont la compoſition ne peut produire qu'un bel effet, par la forme extérieure de l'édifice qui fait diverſion avec l'intérieure, comme on en peut juger par une partie du plan rapporté ſur la planche huitieme.

PLAN. 5, 6, 7 & 8.

Enfin, la planche ſeptieme comprend l'une des quatre faces d'une fontaine iſolée, ſelon la troiſieme ſituation. Son ordonnance, qui eſt des plus riches, eſt compoſée d'un Ordre Dorique parfaitement régulier, couronné d'un appui de pierre auquel on n'a point mis de baluſtrade, afin de rendre ce couronnement plus mâle. On ſuppoſe que les quatre faces ſont ſemblables, & que chaque niche fournit de l'eau, comme on en peut juger par une partie du plan rapporté ſur la huitieme planche. Pour donner à cet édifice un air de grandeur, on l'a terminé par une pyramide dont les tables qui la compoſent ſont deſtinées à recevoir des inſcriptions ou des bas-reliefs.

Comme il ne s'agit point ici de parler des proportions de l'Ar-

chitecture, ni des avantages qui réſultent de marier la forme générale des plans avec leur élevation, je n'entre point dans l'harmonie des parties qui compoſent les trois deſſeins que l'on vient de voir; je les propoſe ſeulement comme des idées convenables aux trois ſituations où les fontaines peuvent ſe rencontrer.

Lorſque les eaux ſont aſſez abondantes pour jaillir continuellement, & qu'on n'eſt point dans le cas de les économiſer dans un réſervoir, il y a pluſieurs autres manieres de les diſtribuer au milieu d'une place publique, qui diſpenſe d'élever un édifice exprès: une coupe de marbre, une pyramide, une colonne, le piédeſtal d'une ſtatue pouvant ſuffire pour cela; mais comme ces exemples ſont ordinaires, je n'ai pas voulu en donner des deſſeins particuliers, m'ayant paru plus convenable de rapporter un morceau de plus grande conſéquence.

On peut éloigner autant qu'on le jugera néceſſaire la façade des fontaines de la cage où ſeront renfermés la cuvette de diſtribution & les tuyaux deſcendans.

1430. Quoique j'ai dit (1409) qu'il falloit donner aux cuvettes de diſtribution toute l'élevation qu'on pourroit, il eſt bon d'obſerver que cette maxime ne doit gêner en rien la décoration des fontaines, n'étant pas néceſſaire que leurs façades ſoient adoſſées à la cage qui renfermera la cuvette & les tuyaux deſcendans (1385) qu'on pourra placer à telle diſtance que l'on voudra, parce qu'il ſuffit de ménager derriere ces façades un endroit commode pour loger le réſervoir, auquel on fera aboutir le tuyau du baſſinet qui lui eſt deſtiné (1384) & celui qui doit recevoir la décharge de ſuperficie de la cuvette (1395). Ainſi quand on aura une fontaine dans le milieu d'une place publique, on pourra, s'il eſt néceſſaire, placer la cage dont nous parlons dans une maiſon voiſine.

Echelle de l'Aqueduc de Maintenon.

Echelle de l'Aqueduc de Buc

Plan Profil et Elevation de l'Aqueduc de Maintenon

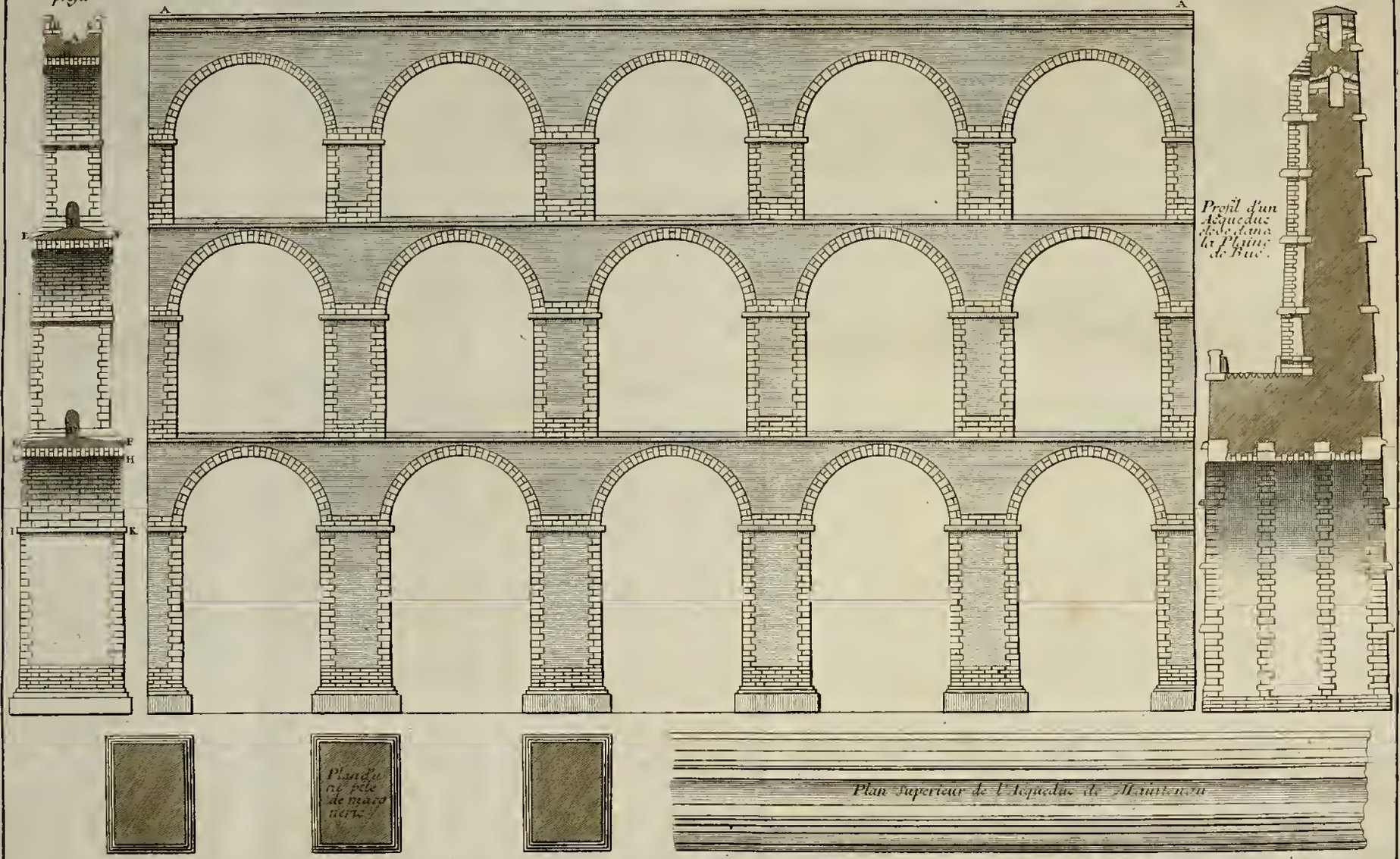
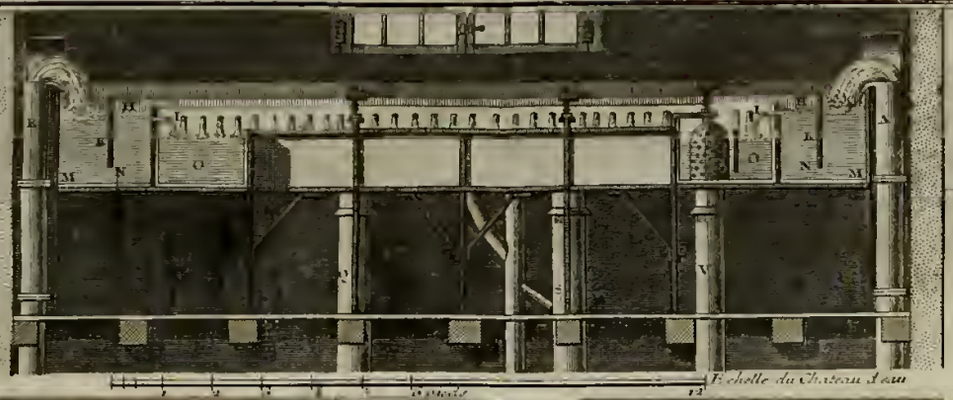


Fig 1re



Echelle du Chateau d'eau

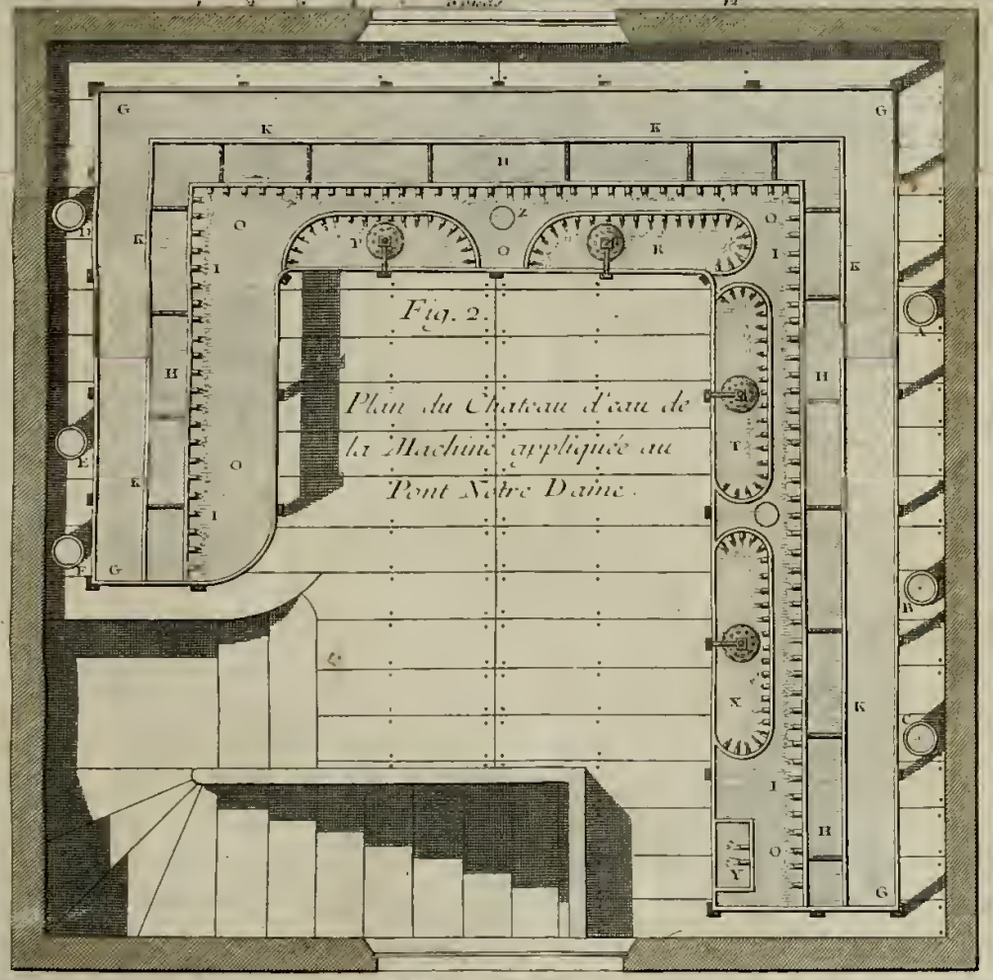


Fig. 2.

Plan du Chateau d'eau de la Machine appliquée au Pont Notre Dame.

Fig. 3.

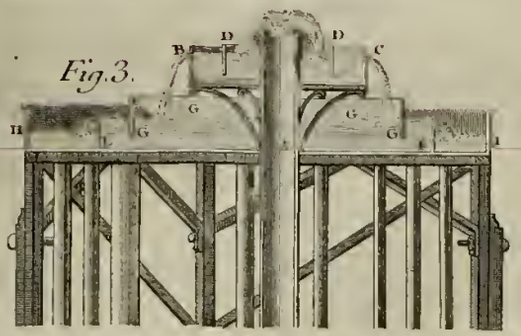
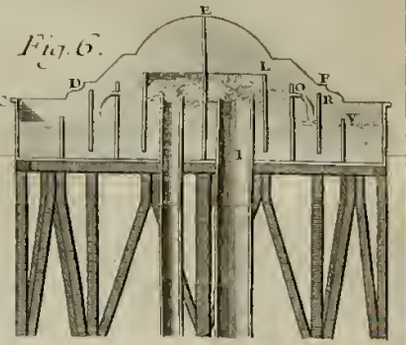


Fig. 6.



Echelle des Cuvettes

Fig. 4.

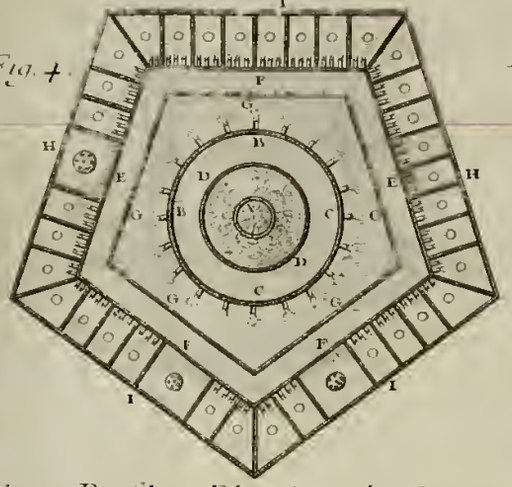


Fig. 7.

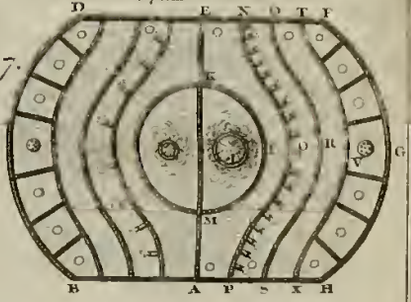
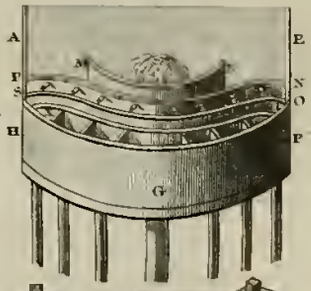


Fig. 8.



Plans, Profils et Elevations des Cuvettes de Distribution, Executées aux Fontaines S.te Catherine, et de la Porte S.t Germain à Paris.

Fig 5

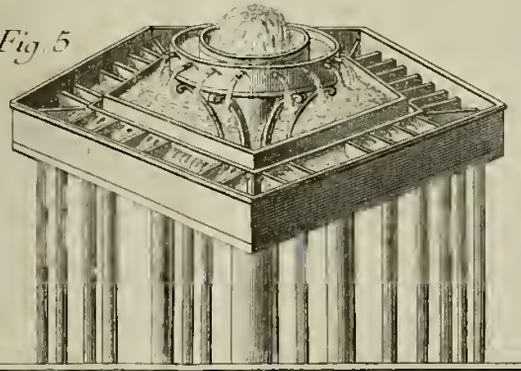
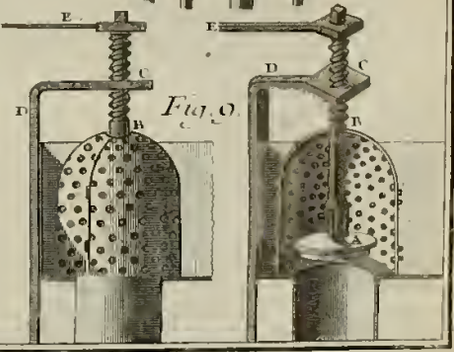


Fig. 9.



Dheulland Sculp

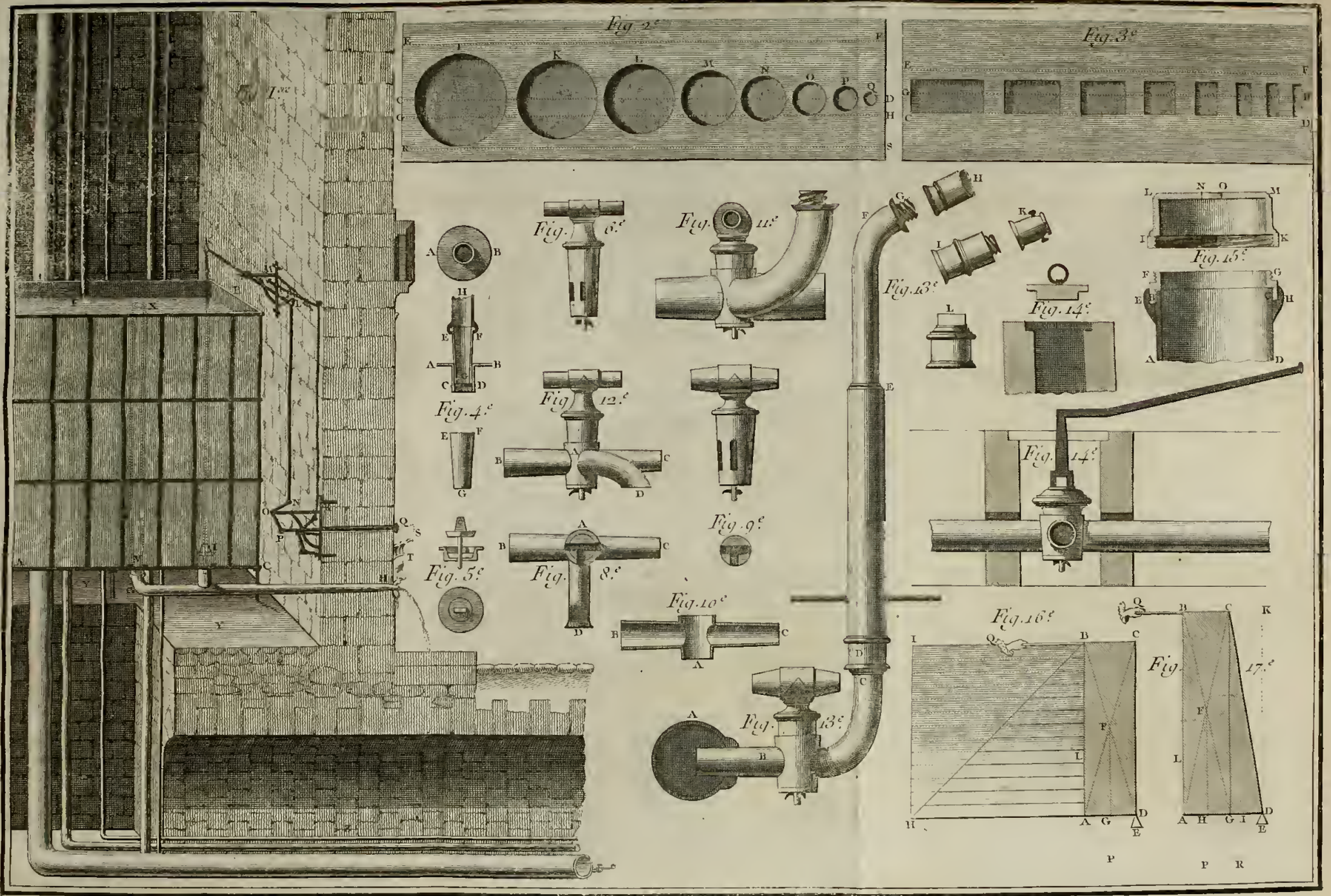
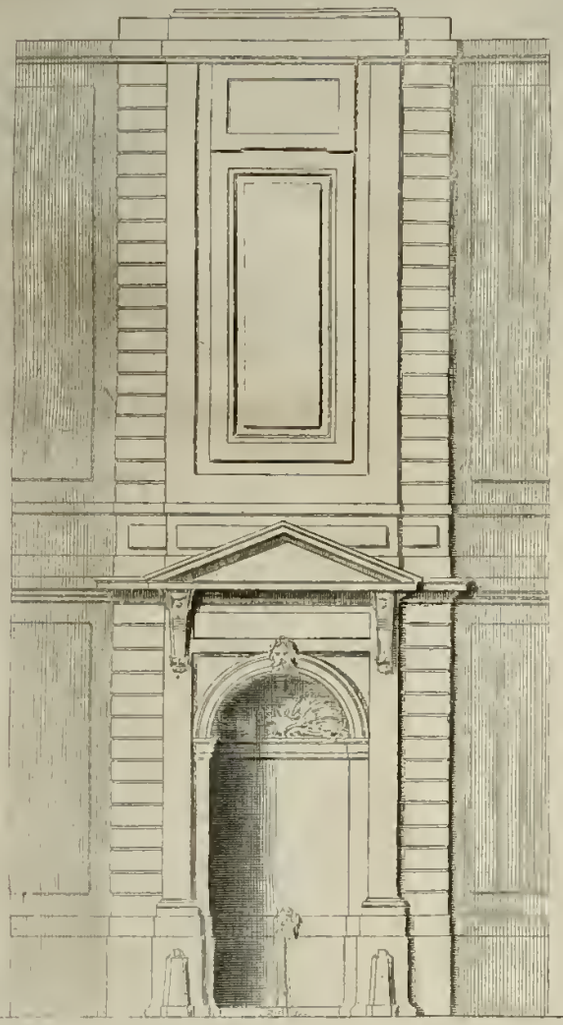
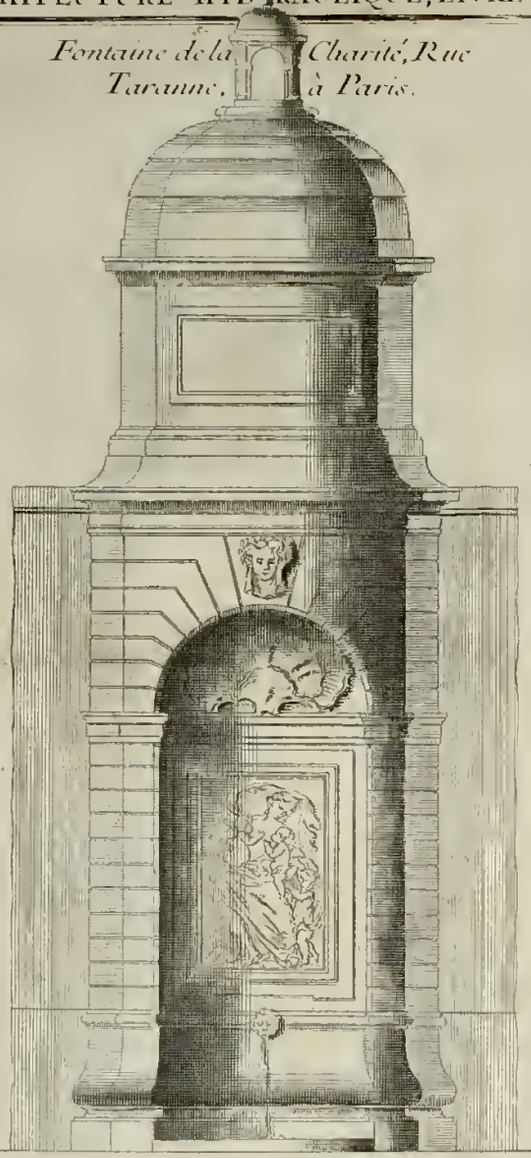


Fig. 1.re
Fig. 2.e
Fig. 3.e
Fig. 4.e
Fig. 5.e
Fig. 6.e
Fig. 7.e
Fig. 8.e
Fig. 9.e
Fig. 10.e
Fig. 11.e
Fig. 12.e
Fig. 13.e
Fig. 14.e
Fig. 15.e
Fig. 16.e
Fig. 17.e

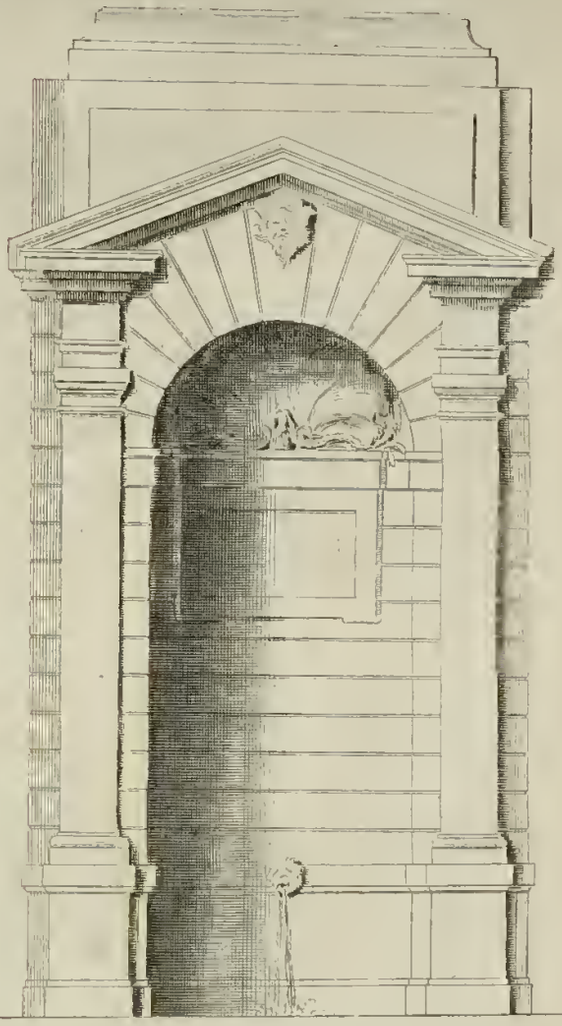
Fontaine des Cordeliers, où de la Porte S.t Germain, à Paris.



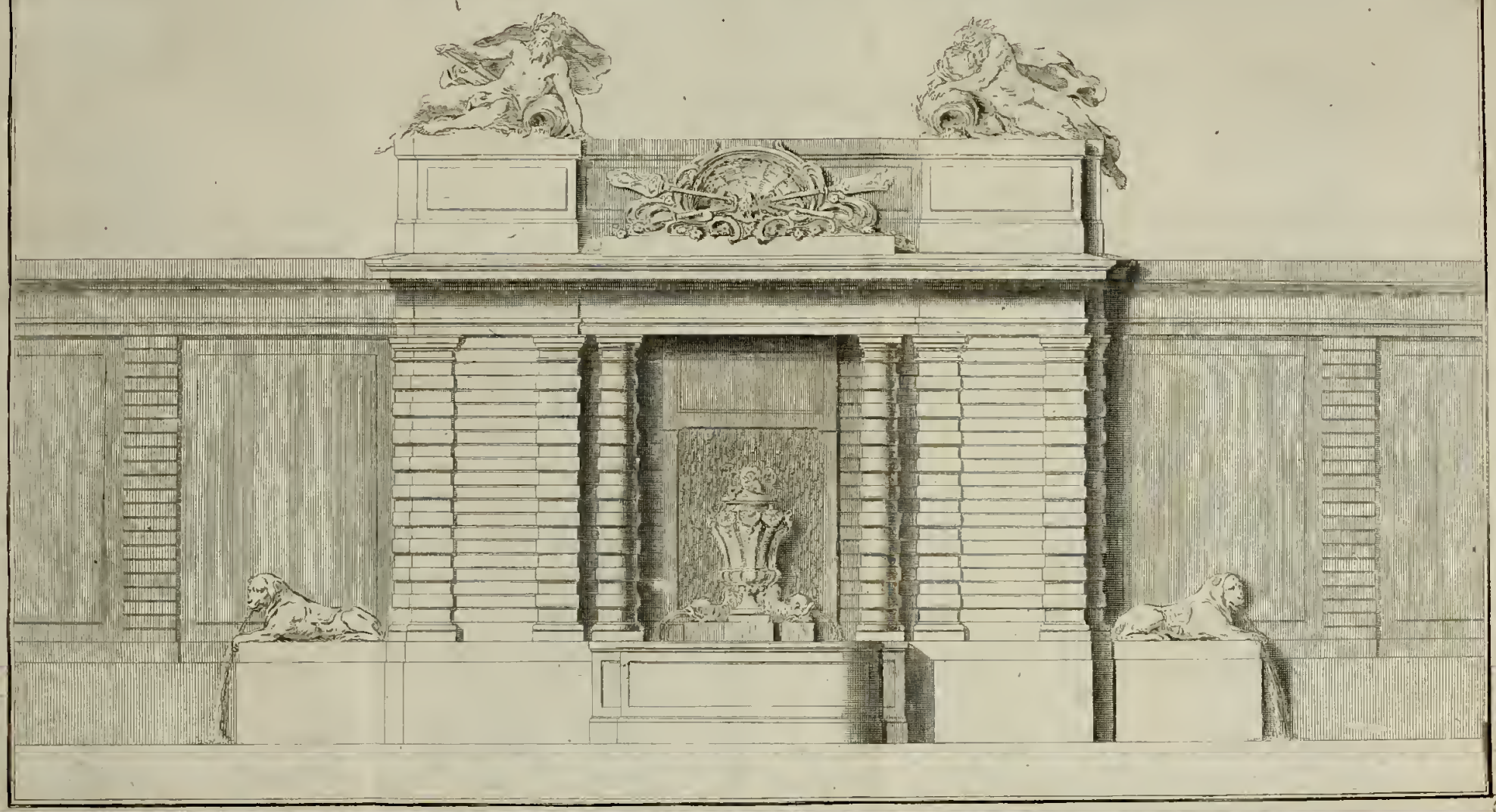
Fontaine de la Charité, Rue Taranne, à Paris.



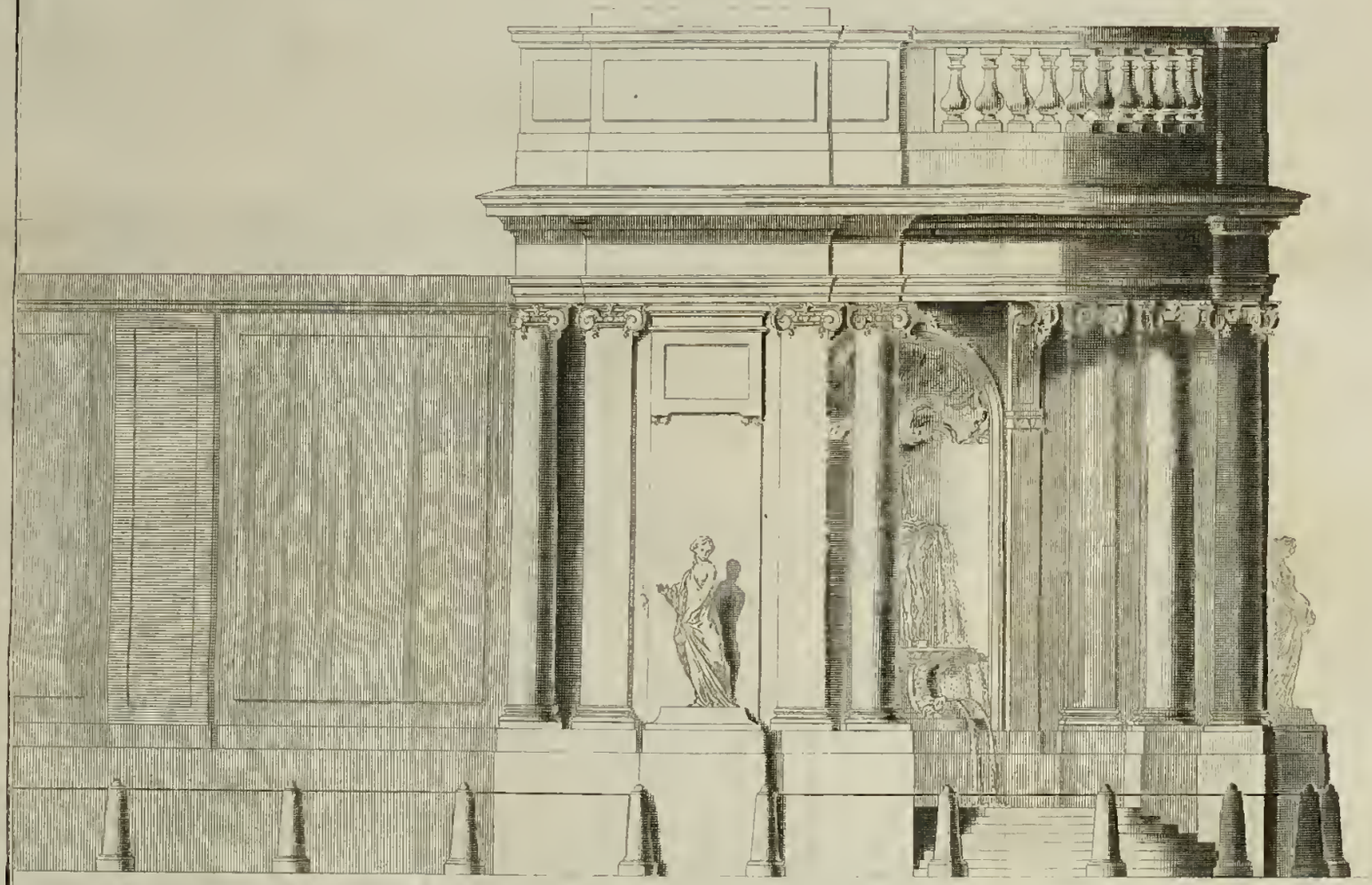
Fontaine de la rue et Porte S.t Denis, a Paris



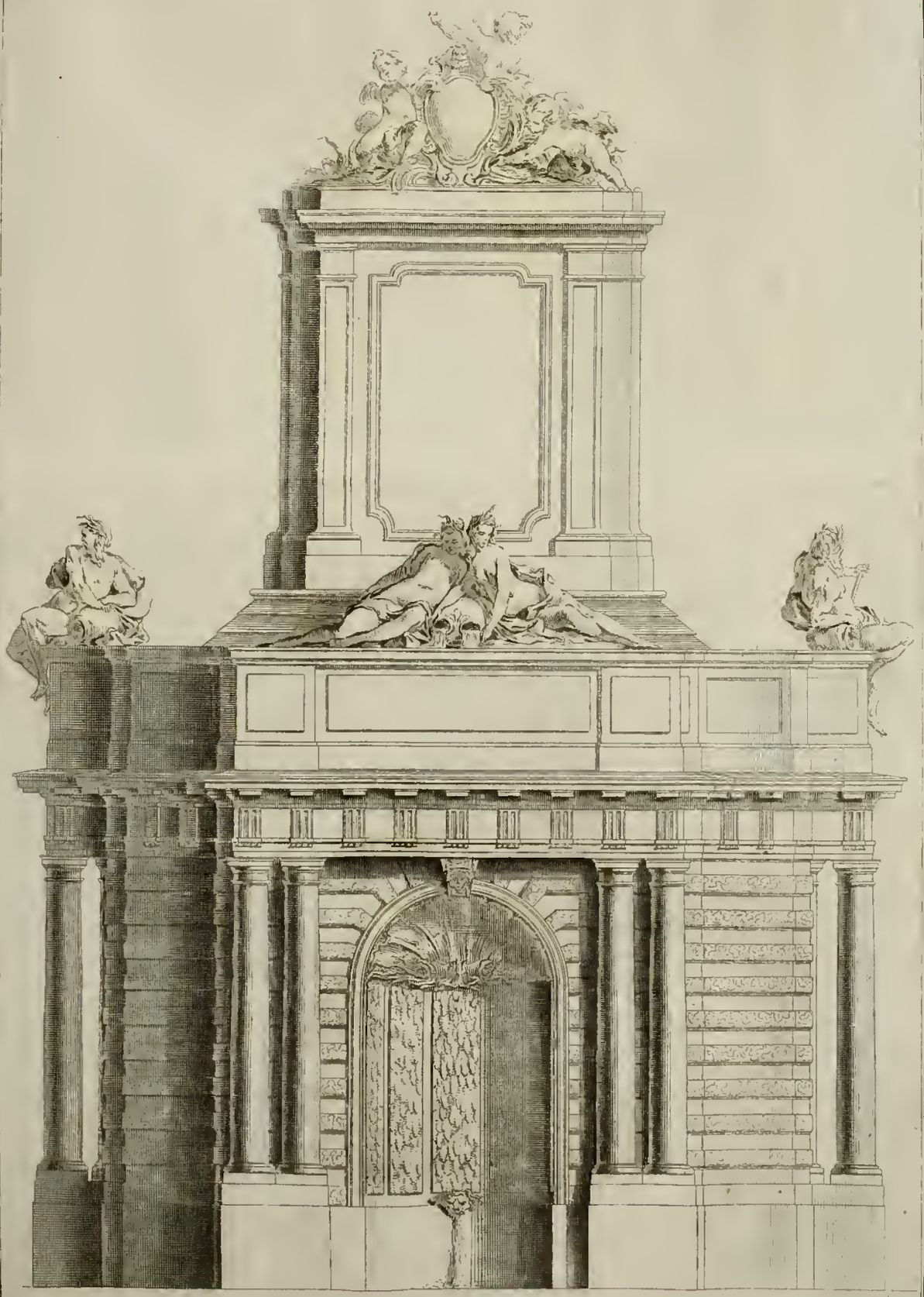
Deſſein de la décoration d'une Fontaine qu'on voudroit placer dans l'Alignement d'une Rue.



Dessein pour la décoration d'une Fontaine, qu'on voudroit placer au coin d'une Rue.



Elevation d'une des quatres faces d'une Fontaine isollé, qu'on voudroit situer dans le Milieu d'une Place publique.



Quatrieme partie du Plan d'une Fontaine isollée. Pl. 7.

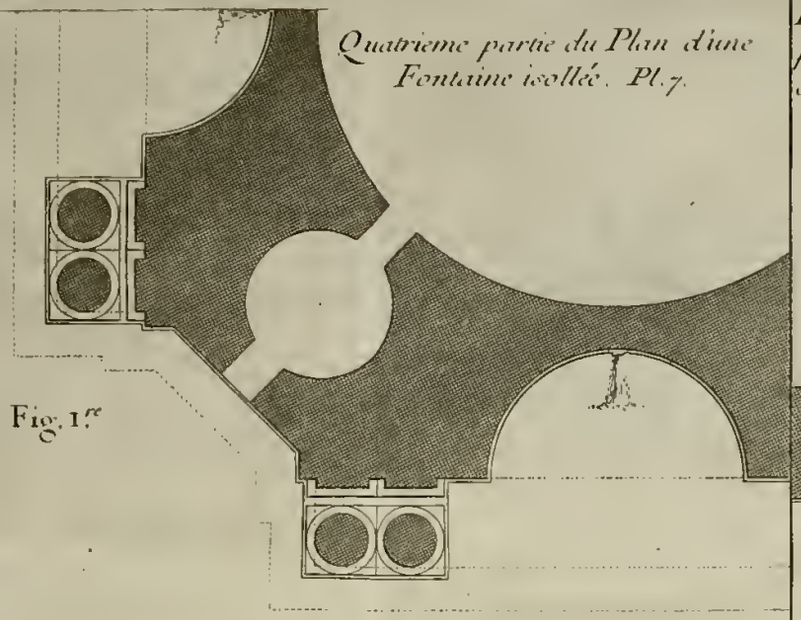


Fig. 1.

Plan d'une Fontaine, pour être située au coin d'une rue. Pl. 6.

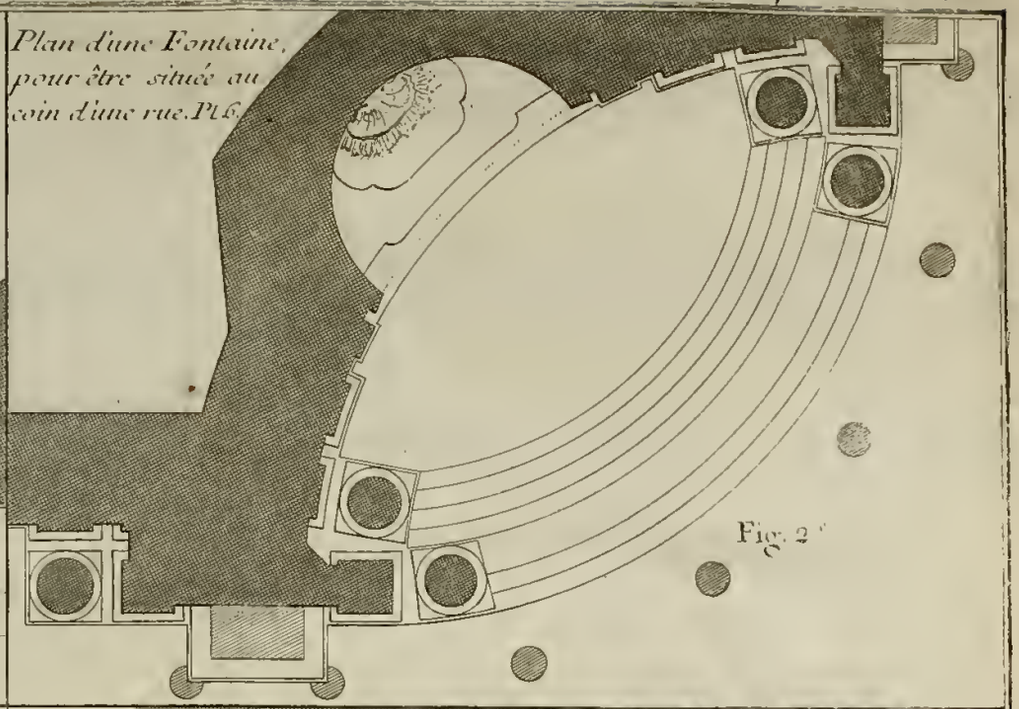


Fig. 2.

Plan d'une Fontaine pour être située dans l'alignement d'une rue. Pl. 5

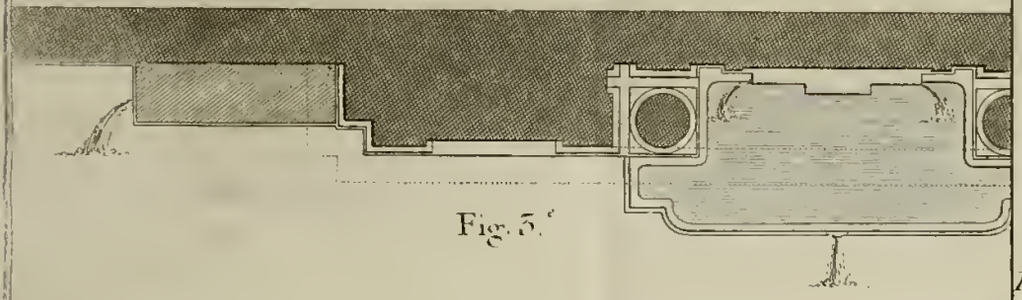


Fig. 3.

Plan de la Fontaine de la Charité. Pl. 4.

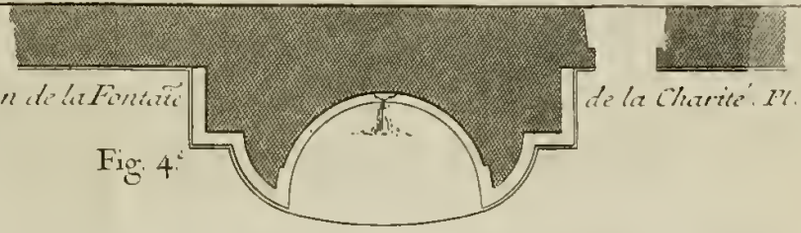


Fig. 4.

Plan de la Fontaine de la Porte St. Denis Pl. 4.

Plan de la Fontaine des Cordeliers Pl. 4.

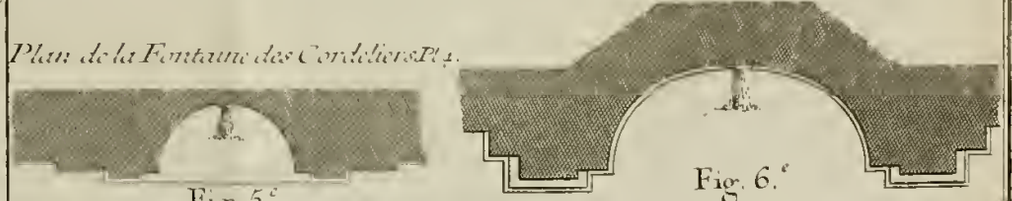


Fig. 5. Fig. 6.

CHAPITRE V.

De la maniere de diſtribuer & de diriger les eaux jailliſſantes pour la décoration des jardins.

1431. QUELQUE bien cultivés que ſoient les jardins de plaiſance, ils paroiſſent peu agréables lorſqu'ils ne ſont point animés par des eaux jailliſſantes ; les perſonnes qui connoiſſent Verſailles, Marly, Saint-Cloud, Chantilly, Liancourt, Sceaux, conviendront que ces beaux lieux ont quelque choſe de languiſſant, lorſqu'après avoir vu jouer les eaux pendant un certain tems, elles ceſſent tout-à-coup de jaillir. On cherche en vain dans la magnificence des objets que l'on rencontre de toutes parts de quoi entretenir ſon admiration, on ne retrouve plus ce que l'on vient de perdre, au lieu que dans le raviſſement que cauſe la variété des différens ſpectacles que préſentent les eaux, l'imagination eſt ſatisfaite & ſemble n'avoir plus rien à deſirer.

Diſcours préliminaire ſur la décoration des jardins de plaiſance.

La maniere de diriger les eaux dans les jardins de conſéquence demande beaucoup de goût, d'art & d'induſtrie pour en faire une agréable diſtribution. Ce ſujet eſt ſi abondant qu'il fourniroit matiere à un gros volume, ſi on vouloit le traiter dans toute ſon étendue ; cependant je ferai enſorte, ſans paſſer les bornes que je me ſuis preſcrites, de renfermer dans ce chapitre de quoi ſatisfaire la curioſité de ceux qui auront envie de s'inſtruire des principales regles qu'il faut obſerver, perſuadé que pour peu qu'ils travaillent enſuite par eux-mêmes, ils ſeront en état d'exécuter ce qu'on peut faire de plus magnifique pour embellir les jardins.

1432. Les principales pieces qui peuvent entrer dans la décoration des jardins de plaiſance, ſont les jets, gerbes, baſſins, fontaines, champignons, grilles, berceaux, nappes, buffets, pyramides, arbres d'eau, caſcades, grottes, théatres, arcs de triomphe, & pluſieurs autres attributs purement arbitraires qui dépendent de la fécondité du génie de ceux qui ſont chargés des projets de cette eſpece, dont l'habileté doit principalement conſiſter à faire que la quantité d'eau dont on peut diſpoſer ſe multiplie, pour ainſi dire, en ſe répétant ſous différentes formes, & à ſavoir tirer tout le parti poſſible de la ſituation du terrein, en mettant même à profit les endroits les plus ingrats. Les jardins

Quelles ſont les principales pieces d'eau qui peuvent entrer dans la décoration des jardins.

de Verſailles offrant des exemples de toutes les pieces dont je viens de parler, nous y aurons recours comme aux plus magnifiques qu'il y ait dans le monde, & nous ne ferons qu'une légere mention des autres que l'on rencontre ailleurs.

J'aurois bien voulu enrichir ce chapitre par un nombre de belles planches qui euſſent préſenté l'effet de toutes les pieces dont je vais donner une idée; mais comme cela n'auroit pu ſe faire ſans une grande dépenſe, qui auroit augmenté conſidérablement le prix de ce volume, pour un ſujet qui n'intéreſſe pas eſſentiellement les beſoins de la vie, je me ſuis contenté de raſſembler dans la premiere planche de ce chapitre pluſieurs morceaux qui compoſent enſemble un fort beau tout, dont la ſimple inſpection ſuffira pour donner une idée de l'effet que produiſent les eaux jailliſſantes dans un jardin.

PLAN. I.

Quelle eſt la meilleure ſituation qu'on peut donner aux jets d'eau.

1433. Perſonne n'ignore qu'un *jet d'eau* s'élance perpendiculairement en ſortant d'un trou circulaire que l'on nomme *ajutage*, qui détermine la groſſeur du jet, pratiqué à l'extrêmité d'un bout de tuyau vertical, que l'on nomme *ſouche* de l'ajutage, placé au milieu d'un baſſin qui reçoit l'eau du jet. Ce baſſin ſe fait circulaire ou ovale; quelquefois on lui donne la figure d'un exagone ou d'un octogone; on le place au milieu d'un parterre, ou au bout d'une grande allée, en face du corps de logis. Quand on a beaucoup d'eau, au lieu d'un jet on en fait pluſieurs, dont la ſituation dépend de la diſpoſition des lieux; cependant il faut faire enſorte en les plaçant, que des principaux endroits du jardin on puiſſe les voir d'enfilade; cette répétition partage agréablement la vue qui ſemble les appercevoir en plus grand nombre qu'ils ne ſont effectivement. Pour cet effet, il faut que les parties du jardin ſoient aſſujetties à la diſtribution des eaux, & que les allées ſoient percées avantageuſement, afin de découvrir de loin dans les boſquets ce qu'on y aura pratiqué d'intéreſſant.

De la grandeur qu'il convient de donner aux baſſins

1434. A l'égard de la grandeur qu'il convient de donner aux baſſins, il eſt aſſez difficile de la déterminer, puiſqu'elle dépend de pluſieurs circonſtances qu'on ne peut appercevoir que dans le tems de l'exécution; mais on ſent bien que dans un petit eſpace, on auroit tort d'y faire un grand baſſin, & qu'au contraire dans un jardin d'une grande étendue, un petit baſſin y conviendroit fort mal; cependant l'on préférera toujours les grands baſſins aux petits, quand ils pourront avoir lieu ſans rien gâter au deſſein général. De quelque grandeur qu'on les faſſe, il ne faut pas leur donner plus de 20 à 24 pouces de profondeur, à moins que ce ne

ſoit de grandes *pieces d'eau*, comme celles dont nous ferons mention dans la ſuite.

1435. Une *gerbe* d'eau eſt une eſpece de *faiſceau* compoſé de pluſieurs petits jets de peu de hauteur, placés dans le milieu d'un baſſin. Pour bien faire, il faut qu'ils s'élevent par étage, afin de compoſer une eſpece de pyramide, ce qui ſe fait par le moyen de pluſieurs rangées de petits tuyaux placés à la ronde autour d'un autre plus gros, qui forme le jet du milieu; telle eſt la gerbe que l'on voit à Chantilly au bas du grand perron. *D'Aviler*, dans ſon *Dictionnaire d'Architecture*, parle d'une eſpece de gerbe qu'il nomme *girande d'eau*, qui eſt auſſi un faiſceau compoſé de pluſieurs jets qui s'élevent avec impétuoſité, & qui par le moyen de l'air renfermé imitent le bruit du tonnerre, la pluie & la neige, comme les deux girandes d'eau de *Freſcati* près de Rome. *Définition des gerbes d'eau.*

1436. Quand un baſſin eſt d'une belle grandeur, il peut comprendre pluſieurs jets d'eau accompagnés de figures de marbre & de bronze tirées de la fable, comme on en rencontre un grand nombre à Verſailles d'une beauté merveilleuſe; tel eſt, par exemple, le baſſin de *Latone* ſitué au-deſſous du parterre d'eau. Trois figures de marbre blanc qui ſont au milieu, repréſentent Latone & ſes enfans, accompagnée des Payſans changés en grenouilles, de bronze doré. Plus bas, au bout de l'allée royale, eſt un autre baſſin dans le milieu duquel eſt Apollon placé dans un char de triomphe tiré par quatre chevaux; à ſes côtés ſont les figures des quatre vents qui, ſoufflant dans leurs conques, jettent de l'eau de tous côtés. Sur la même ligne, on découvre la grande piece d'eau, qui eſt un canal de 750 toiſes de longueur, ſur 40 de largeur & 7 pieds de profondeur. *Deſcription de pluſieurs baſſins du jardin de Verſailles.*

On voit auſſi près du labyrinthe un baſſin occupé par Bacchus accompagné de Satyres & de jets d'eau; le tour de ce baſſin eſt revêtu de pampres & de grappes de raiſins de métal. Dans le boſquet oppoſé eſt un autre baſſin occupé par Cerès; du milieu ſort un jet d'eau d'une groſſeur prodigieuſe, environné de huit autres; ſes bords ſont revêtus de gerbes de bronze doré.

Plus loin, on rencontre encore un baſſin dont le milieu eſt occupé par Flore; cette Déeſſe eſt environnée d'un grand nombre de jets d'eau, du milieu deſquels s'en éleve un au-deſſus des autres en formant une agréable aigrette. A côté de ce baſſin eſt celui d'Encelade, où l'on voit ce Géant accablé ſous les rochers qu'il avoit entaſſés pour eſcalader le ciel; la proportion de cette figure eſt quatre ou cinq fois plus grande que nature. De ſa bouche ſort

un jet d'eau de la groſſeur du bras, qui s'éleve à 25 pieds de hauteur. On voit auſſi ſortir des rochers, quantité de bouillons d'eau qui offrent un magnifique ſpectacle.

Je ne finirois pas, ſi je voulois faire mention de tous les magnifiques baſſins que l'on rencontre à chaque pas, dont un des plus beaux eſt celui de l'Iſle d'Amour, ou l'Iſle Royale, qui forme un canal au milieu duquel eſt une iſle environnée de 80 jets d'eau.

Des nappes d'eau, & de leur dépenſe.

1437. Les *nappes d'eau* ſont encore un bel effet dans les jardins, mais il ne faut pas qu'elles tombent d'une grande hauteur, autrement elles ſe déchirent & laiſſent des intervalles vuides; les plus belles ſont les plus garnies. Pour cela elles doivent dépenſer au moins 2 pouces d'eau ſur chaque pied de longueur; ainſi ayant une nappe d'eau de 10 pieds, il faudra 20 pouces pour ſa dépenſe. On en voit une fort belle à Verſailles à la tête de l'allée d'eau, & une plus belle encore à Chantilly, qui ſert à entretenir le canal & la plus grande partie des autres pieces du jardin.

Définition des fontaines pour la décoration des jardins.

1438. Dans les jardins où il y a des eaux jailliſſantes, on nomme *fontaine* pluſieurs coupes de marbre ou de bronze allant en diminuant, poſées par étage ſur une tige commune qui ſe termine par un bouillon d'eau qui tombe ſur la coupe du ſommet, d'où elle redeſcend par caſcade dans les inférieures, en formant des nappes d'eau qui produiſent un fort bel effet. Ces fontaines ſont toujours placées dans le milieu d'un baſſin qui leur ſert de décharge; telle eſt à Verſailles la fontaine de l'Etoile, compoſée de 5 nappes, formant enſemble une montagne d'eau.

Quelquefois ces fontaines ſont terminées par une ſtatue qui vomit de l'eau, telle eſt encore à Verſailles la fontaine de la Renommée, qui repréſente cette divinité avec une trompette, d'où ſort un jet d'eau qui s'éleve extrêmement haut; cette figure a ſous ſes pieds un globe qui donne lieu à une belle nappe. Le baſſin eſt entouré d'une baluſtrade de bronze dorée, ſoutenue de piédeſtaux, de chacun deſquels il ſort un bouillon d'eau qui coule dans une rigole ſur l'appui de la baluſtrade, & qui de-là va ſe répandre dans le baſſin en formant une nappe.

Quand pluſieurs fontaines ſont placées de ſuite ſur une même ligne dans un lieu avantageux, elles préſentent un fort beau coup-d'œil, & l'on ne peut voir ſans admiration les trois fontaines de l'allée d'eau de Verſailles, qui eſt un des plus beaux objets du jardin. On voit auſſi à *Liancourt*, ſuperbe château à 10 ou 12 lieues de Paris, une fontaine d'une grande beauté, de même que quantité d'autres pieces qui rendent le jardin un des plus magnifiques

&

& des plus agréables qu'il y ait après Verſailles & Chantilly.

Les fontaines produiſent auſſi un fort bel effet, lorſqu'elles ſont placées contre le fer à cheval de l'eſcalier d'une terraſſe de jardin. Alors on en peut avoir deux l'une au-deſſus de l'autre, enſorte que la plus élevée fourniſſe la ſeconde, comme on le voit repréſenté ſur la planche deuxieme, où l'on ſuppoſe que ſur une terraſſe au pied d'une baluſtrade eſt une fontaine iſolée, placée au milieu d'un baſſin, d'où l'eau coule enſuite par la bouche d'un maſque qui la fait jaillir dans la premiere coupe d'une ſeconde fontaine adoſſée à un mur décoré d'une Architecture ruſtique. Nous avons cru pouvoir rapporter ici cet exemple, pour profiter de l'eſpace qui eſt reſté ſur la derniere planche de ce volume, après y avoir tracé le profil d'un baſſin, dont nous donnerons la conſtruction à la fin de ce chapitre. PLAN. 2.

1439. Ce que l'on appelle *champignon d'eau*, eſt une eſpece de coupe renverſée, faite de marbre, taillée en coquille par deſſus, portée par une tige qui donne à cette piece la vraie figure d'un champignon. Au travers de la tige paſſe un tuyau dont l'ajutage vient aboutir au ſommet; on en fait ſortir un jet qui doit être gros & de peu d'élevation: l'eau en retombant bouillonne & forme une nappe circulaire qui cauſe un agréable effet. Quelquefois on poſe un champignon dans le milieu d'une grande coupe placée dans un baſſin; alors l'eau tombant dans la coupe jaillit en deſſus des bords, de-là dans le baſſin, & forme deux nappes au lieu d'une. *Définition des champignons d'eau.*

1440. Les *buffets d'eau* ſe placent quelquefois dans les boſquets, ou bien on les adoſſe contre le mur du palier d'un eſcalier à deux rampes, cette piece ne devant point être iſolée, mais appuyée contre un treillage de verdure qui la faſſe valoir. Elle eſt compoſée d'une grande table de marbre élevée ſur une eſtrade, où l'on monte par deux ou trois marches: ſur cette table ſont pluſieurs gradins en pyramide avec des garnitures de vaſes de cuivre doré, dont le corps de chacun eſt formé par l'eau, enſorte qu'ils paroiſſent de cryſtal garni de vermeil; il y a deux buffets dans ce goût là au boſquet du marais à Verſailles. On les orne encore par des maſques, dauphins de marbre ou de bronze, & autres figures qui vomiſſent de l'eau; quelquefois auſſi le fond du buffet repréſente une décoration d'Architecture ruſtique, ou une grotte compoſée de rocailles, congellations, pétrifications, coquillages & feuilles d'eau. *Définition des buffets d'eau.*

Il y a à Trianon le plus magnifique buffet d'eau que l'on puiſſe voir, pratiqué dans un enfoncement de charmille au bout d'une

allée; il eſt compoſé de trois gradins dont les formes ſont agréablement variées, incruſtés de marbre blanc & de Languedoc. Ce buffet eſt accompagné de deux figures, dont l'une repréſente un Fleuve, & l'autre une Nayade ſoutenant chacune une urne d'où ſort un gros bouillon; aux côtés ſont deux dragons qui vomiſſent l'eau dans un baſſin. Ces eaux & celles de pluſieurs champignons & chandeliers d'eau qui ſe trouvent diſpoſées avec beaucoup de grace, forment en retombant de baſſins en baſſins, pluſieurs nappes qui font un effet merveilleux, par l'oppoſition de leur blancheur avec les différentes couleurs du marbre, & la dorure des ſculptures.

Définition des berceaux d'eau.

1441. On fait auſſi des *berceaux d'eau* qu'on place ordinairement dans les allées d'un boſquet; on diſpoſe ſur deux lignes le long des plate-bandes pluſieurs petits tuyaux qui répondent à de plus gros, & qui forment par leur inclinaiſon des jets paraboliques qui ſe croiſent d'un côté à l'autre, & compoſent des arcades ſous leſquelles on peut paſſer ſans être beaucoup mouillé, comme dans les cinq allées du boſquet de l'étoile à Verſailles.

Définition des arbres.

1442. On peut encore, en faiſant aboutir une conduite au pied d'un arbre, en détacher des tuyaux appliqués ſur la tige, pour aller de-là ſe répandre le long des branches par pluſieurs petits rameaux, diſpoſés de maniere que l'eau jailliſſe de toutes parts, ce qui produit un effet charmant par ſon mêlange avec la verdure; c'eſt ainſi qu'à Verſailles on a diſpoſé avec beaucoup d'art l'*arbre d'eau*, ou *chêne verd*, ſitué au milieu de la piece nommée *le Marais*.

Définition des caſcades.

1443. Une *caſcade* eſt formée par une chûte d'eau naturelle ou artificielle; elle ne peut avoir lieu qu'autant qu'il y a une éminence, au ſommet de laquelle on a de l'eau dont on peut diſpoſer. Si elle eſt produite par une ſource abondante, ou qu'on l'y ait amenée par une ſaignée, tirée d'un étang ou d'une riviere qui ſeroit dans le voiſinage, alors c'eſt une caſcade naturelle, comme eſt la fameuſe caſcade de *Tivoli*, qui paſſe pour une merveille; au lieu qu'on la nomme artificielle, lorſque l'eau qui la fournit eſt élevée par quelque machine, comme celle qui étoit autrefois derriere le château de Marly, qu'on a détruite depuis quelques années, quoiqu'elle fût des plus magnifiques. Les caſcades ſont diſpoſées en *gradins* de pierre ou de marbre, qui ont depuis dix juſqu'à quinze pieds de longueur, diſpoſés ſur une rampe, comme les marches d'un eſcalier, ſoutenus de côté par des murs qui tiennent lieu de limon; tous ces gradins ſont creuſés ſur leur longueur, afin d'avoir des rebords qui faſſent ondoyer l'eau qui en ſort. Au ſommet de la

caſcade eſt un baſſin qui reçoit l'eau de trois tuyaux, dont chacun ſe termine à la gueule d'un maſque qui la dégorge, ce qui leur a fait donner le nom de *dégueuleurs ;* ils ſont appliqués contre un mur, comme aux fontaines ordinaires ; & l'eau, avant que de tomber dans le baſſin, eſt reçue dans trois grandes coquilles ſervant à former autant de nappes d'eau qui parcourent enſuite la caſcade depuis le haut juſqu'en bas.

Expoſition des caſcades des jardins de Saint-Cloud & de Sceaux.

1444. Je paſſe ſous ſilence les différentes caſcades que l'on voit à Verſailles, mais je ne puis omettre celle de Saint-Cloud, placée dans le jardin de ce château, au milieu d'un bois ſur un côteau qui regne le long de la riviere de Seine. Le jeu des eaux y forme un ſpectacle des plus raviſſans, accompagné d'un grand nombre de pieces, qui font enſemble le plus beau morceau qui ait été exécuté juſqu'ici dans ce genre.

On voit auſſi à Sceaux une fort belle caſcade, accompagnée de pluſieurs ſcenes qui en rendent l'aſpect admirable, ſur-tout dans un lieu auſſi élevé que l'eſt le jardin, où l'on ne devroit point s'attendre d'y voir une auſſi grande abondance d'eau ; elle va ſe terminer dans un grand baſſin au milieu duquel eſt un fort beau jet d'eau.

On fait un palier dans le milieu des grandes caſcades, lorſqu'elles ont beaucoup de hauteur.

1445. Quand les caſcades ont beaucoup de hauteur, on y fait dans le milieu un palier ou repos, où l'on place des tritons, dauphins, & autres figures qui vomiſſent de l'eau pour varier le ſpectacle. Ces eaux étant reçues dans un baſſin pratiqué ſur le palier même, peuvent de-là être conduites par des tuyaux pour former pluſieurs jets au pied de la caſcade, tant dans le grand baſſin que dans ceux qu'on peut mettre à côté ſur une même ligne. Alors, lorſque ces jets ſont placés près à près, on les nomme *grilles* ou *cierges d'eau ;* & comme je ſuppoſe que les eaux qui fourniſſent le palier ſont tirées du réſervoir d'en haut, les nappes qui viendront de la rampe ſupérieure fourniront la rampe inférieure.

On accompagne les caſcades d'un grand nombre de petits jets d'eau.

1446. Pour accompagner une caſcade depuis en haut juſqu'en bas par quelque choſe qui la termine agréablement de chaque côté, on y fait deux rangs de petits baſſins de marbre ſervant à revêtir le deſſus des murs rampans, que nous avons dit tenir lieu de limon. Dans le milieu de chaque baſſin eſt un jet, dont l'eau, à meſure qu'elle retombe, s'écoule par un tuyau qui la conduit pour fournir à un autre jet, & de-là encore à un autre ; car c'eſt toujours la même qui ſort & qui rentre. J'entends que des deux rangées de baſſins pratiqués ſur chaque rampe, l'eau du premier, & qui eſt par conſéquent à la tête de la caſcade, paſſe par un tuyau qui fournit le jet du troiſieme baſſin, de-là celui du cinquieme, ainſi

de ſuite, ſelon les nombres impaires 1, 3, 5, 7, 9, &c: voilà ce qui compoſe la premiere rangée. Pour l'autre, l'eau du ſecond baſſin fournit au jet du quatrieme; de celui-ci elle paſſe au ſixieme, enſuite au huitieme, ſelon les nombres pairs 2, 4, 6, 8, 10, &c. Ainſi il n'y a que deux tuyaux qui, partant du baſſin ſupérieur, fourniſſent ſur chaque rampe le premier & le ſecond jet, & cette même eau ſe répete pour entretenir tous les autres jets ſuivans, quand il y en auroit cent. Si l'on fait paſſer l'eau du premier baſſin dans le troiſieme, & celle du ſecond au quatrieme, c'eſt afin de donner plus d'élevation à chaque jet; car ſi les baſſins n'avoient, par exemple, que trois pieds de ſupériorité les uns ſur les autres, les jets n'auroient qu'environ trois pieds de hauteur, au lieu que le troiſieme jet étant fourni par le premier baſſin, il aura à peu près ſix pieds: il en ſera de même des autres.

Emplacement des caſcades. 1447. A côté de ces baſſins, on place des pots de fleurs & de grands vaſes de marbre ou de bronze, & à droite & à gauche de la caſcade on fait des eſcaliers de pierre, ou ſimplement des rampes de gazon. Quant à l'emplacement des caſcades, il n'y a point de ſituation qui leur convienne mieux que dans un bois; la verdure des arbres & du gazon, l'ornement des figures & des vaſes, la blancheur des eaux faiſant un beau mêlange & une oppoſition des plus agréables à la vue. D'ailleurs les grandes caſcades ne ſe conſtruiſent ordinairement que pour corriger le mauvais effet que cauſe une colline ou autre éminence qui ôte la vue de la campagne de ce côté-là, & cette hauteur ne peut être mieux occupée que par un bois qui, en donnant de la fraîcheur & de l'ombre, contribue à l'embelliſſement du jardin; c'eſt pourquoi on ne manque pas de planter des arbres dans ces ſortes d'endroits, lorſqu'il ne s'y en trouve pas naturellement.

On pratique auſſi d'autres caſcades plus petites dans des niches de charmille ou de treillage, au milieu d'un fer à cheval d'eſcalier, ou à la tête d'une piece d'eau. Pour plus de magnificence, on les accompagne de coquillages, de rocailles, de congelations, & on les décore par des figures convenables aux eaux, comme *fleuves*, *tritons*, *nayades*, *nymphes des eaux*, *dragons*, *dauphins*, *chevaux marins*, auxquels on fait vomir de l'eau par la gueule & par les narines.

Définition des arcs de triomphe & pyramides d'eau. 1448. Les plus belles pieces qui conviennent encore aux eaux, ſont les *arcs de triomphe* & les *theatres*, conſtruits de marbre & de treillage, auxquels on donne les différentes formes qui peuvent convenir à une décoration d'Architecture, accompagnés de bas-

reliefs, coupes, vaſes, girandoles, & luſtres de bronze doré. Verſailles préſente deux morceaux de cette eſpece qui ſont d'un goût exquis. Près de l'allée d'eau, on trouve un arc de triomphe qui eſt un des plus ſurprenans morceaux de ce jardin enchanté; quand les eaux jouent, on croiroit voir un palais de cryſtal orné de tout ce que l'art & la magnificence peuvent offrir de plus éclatant: deux ſuperbes buffets & quatre pyramides d'eau dans le goût de celles que l'on voit ſur la premiere planche, ornent les deux côtés d'un boſquet, dans le fond duquel ſont pluſieurs gradins qui aboutiſſent à une eſtrade répondant à une décoration que je n'entreprends point de décrire, perſuadé que je n'en pourrois donner qu'une idée très-imparfaite. Je dirai ſeulement, au ſujet des *pyramides*, que pluſieurs tuyaux montent intérieurement le long de leur quatre arrêtes, pour répandre de l'eau ſur des tables de plomb doré, placées à l'endroit de chaque échelon, & former autant de nappes d'eau qui ſe réuniſſent en tombant.

Définition des théatres d'eau.

1449. Quant aux *theatres d'eau*, on en voit un à côté du marais près de la fontaine de *Cerès*. Sa figure eſt preſque ronde, diſpoſée en théatre & en amphithéatre, formée par des caſcades accompagnées de rampes qui ſont autant de berceaux d'eau, pratiqués dans des allées d'ormes. Quatre niches de charmille renferment chacune une fontaine ornée de grandes coquilles de marbre, comprenant des grouppes d'enfans de metal doré, qui ſemblent folâtrer autour d'un jet d'eau qu'on voit s'élancer au milieu d'eux. Mais ce qu'il y a de plus admirable, ce ſont les décorations des ſcenes que l'eau préſente par ſes différentes manieres de jaillir.

Théatre & grotte d'eau exécutés à Freſcati, *ſuperbe palais près de Rome.*

1450. On voit auſſi à *Freſcati* un fort beau théatre d'eau, formé par une caſcade & pluſieurs niches pratiquées dans une décoration d'Architecture, ornée de rocailles & de ſtatues qui répandent l'eau de toutes parts. Ce palais, près de Rome, comprend un grand nombre de riches & rares morceaux dans le goût de ceux dont nous parlons, entre autres une *grotte* qui renferme le Mont Parnaſſe, ſur lequel on voit Apollon & les neuf Muſes jouer de divers inſtrumens à vent, qui rendent des ſons très-mélodieux par le mouvement de l'air & de l'eau.

Courte deſcription des pieces d'eau d'un magnifique jardin près de Caſſel en Allemagne.

1451. Un des plus ſuperbes morceaux que la nature & l'art ait jamais formés pour l'embelliſſement d'un jardin, eſt celui qui ſe trouve à un château ſur le Mont Charles près de Caſſel en Allemagne; ce château & le jardin ſont placés à mi-côte d'une montagne, du ſommet de laquelle deſcend une grande abondance d'eau vive qui donne lieu au plus beau ſpectacle du monde.

On a ménagé le long de la rampe pluſieurs terraſſes fort larges, ſur leſquelles on a conſtruit des grottes & des petits pavillons décorés d'une Architecture ruſtique, compoſée de rocailles, congelations, pétrifications & coquillages de toutes ſortes de couleurs, d'où il ſort un nombre infini de bouillons d'eau. Sur une de ces terraſſes eſt un amphithéatre orné de ſtatues, auxquelles le concours ingénieux de l'air & de l'eau font jouer divers inſtrumens de muſique. Mais ce qui mérite le plus d'admiration, ce ſont pluſieurs grandes & magnifiques caſcades, le long deſquelles l'eau deſcend d'une terraſſe à l'autre, & qui donnent lieu, en chemin faiſant, à des pieces d'eau de toutes ſortes d'eſpece, qu'il n'eſt gueres poſſible de bien décrire, non plus que les ſujets qui les accompagnent, ſans entrer dans un détail que la briéveté de ce chapitre ne me permet pas.

Je n'ignore point qu'il y a encore en différens endroits de l'Europe un grand nombre de magnifiques jardins, où les eaux jailliſſantes ſont ménagées avec beaucoup d'art; mais comme je n'ai point prétendu rapporter tout ce qu'on a exécuté de plus beau en ce genre, je m'en tiendrai aux exemples que je viens de citer, qui me paroiſſent ſuffiſans pour fournir des idées à ceux qui ſeront dans le cas d'en faire uſage.

Concluſion ſur les différens morceaux qui peuvent convenir à la décoration des jardins.

1452. Voilà en général les différentes manieres dont on peut faire agir les eaux jailliſſantes; & comme, excepté les nappes d'eau, tout le reſte ſe rapporte à des jets différemment diſtribués, je vais traiter ce ſujet amplement, afin qu'on puiſſe calculer la dépenſe des eaux ſelon la quantité qu'il en faudra pour chaque ſujet, relativement à la dépenſe totale dont on peut diſpoſer. On ſe rappellera *que pour les grandes nappes qui coulent naturellement, il faut deux pouces d'eau pour chaque pied courant;* à l'égard des autres nappes des caſcades, celles des *champignons* & *coupes* provenantes des jets, comme elles n'ont pas beſoin d'être auſſi fournies, il ſuffira qu'elles dépenſent un pouce d'eau par pied courant; ainſi, ſuppoſant que la circonférence d'une coupe ou d'un champignon ſoit de 10 pieds, il faudra que le jet puiſſe dépenſer 10 pouces d'eau.

Lorſque les caſcades ſont ſituées de façon que leurs eaux, après avoir fait leur effet, peuvent, des baſſins où elles vont ſe ramaſſer, fournir à d'autres jets placés beaucoup plus bas, & que le terrein eſt diſpoſé par amphithéatre, on peut donner à la premiere nappe plus d'un pouce & demi d'eau par pied courant, puiſqu'alors le baſſin ſupérieur devient en quelque ſorte le réſervoir général qui fournit tous les jets; ce qui ne doit pourtant s'entendre que dans les cas où il arrive que le ſommet de la montagne eſt le point de

partage de toutes les eaux. Au reſte, il n'y a que les lieux & les circonſtances qui puiſſent faire juger de l'économie avec laquelle il faudra en diriger la diſtribution, ainſi je ne m'y arrête pas davantage, pour ne m'attacher qu'au détail des jets.

Les jets d'eau ne vont point à la hauteur de leur réſervoir.

1453. On ſait que l'eau qui deſcend dans une des branches d'un tuyau recourbé, remonte toujours dans l'autre au même niveau, tant qu'elle y reſte renfermée; mais ſi elle remonte librement ſans être ſoutenue par les côtés, comme font les jets, la réſiſtance de l'air, jointe à la propre peſanteur de l'eau qui retombe ſur celle qui ſort immédiatement de l'ajutage, les empêche d'atteindre à la hauteur de leur réſervoir. Comme plus un jet aura d'élevation, & plus il rencontrera de parties de l'air qui lui réſiſteront, il ſuit que les grands jets doivent moins s'élever à proportion que les petits, & que quand on voudra avoir un jet de 20 pieds de hauteur, il faudra néceſſairement que celle du réſervoir ait plus de 20 pieds. J'entends ici par la hauteur du réſervoir, l'élevation de la ſurface de l'eau au-deſſus de l'ajutage; & pour éviter toute équivoque, nous nommerons *défaut*, l'excès de la hauteur du réſervoir ſur celle du jet; par exemple, ſi l'on a un réſervoir de 21 pieds 4 pouces de hauteur, & que le jet n'ait que 20 pieds, ſon défaut ſera de 16 pouces.

Les défauts des jets ſont dans la raiſon des quarrés des hauteurs des mêmes jets.

Expérience ſur ce ſujet.

1454. M. *Mariotte* a démontré au commencement de la quatrieme partie de ſon *Traité du mouvement des eaux*, qu'ayant deux jets de différentes hauteurs, *leurs défauts étoient dans la raiſon des quarrés des hauteurs de ces mêmes jets;* c'eſt-à-dire, que ſi le premier jet a une hauteur double de celle du ſecond, le défaut du premier ſera quadruple de celui du ſecond. Ainſi dès qu'on connoîtra la hauteur & le défaut d'un jet, il ſera aiſé, ayant la hauteur d'un autre jet, d'en avoir auſſi le défaut, par conſéquent la hauteur de ſon réſervoir. On ſait par expérience qu'un réſervoir de 5 pieds un pouce de hauteur donne un jet de 5 pieds, ſi l'eau du réſervoir eſt toujours entretenue à la même hauteur, & ſi elle coule ſans contrainte dans le tuyau qui la conduit juſqu'à l'ajutage.

La hauteur d'un jet étant donnée, trouver celle de ſon réſervoir.

1455. Prenant donc pour regle certaine que le défaut d'un jet de 5 pieds de hauteur, eſt d'un pouce, on trouvera, par exemple, le défaut d'un jet de 20 pieds, en diſant comme le quarré de 5, qui eſt 25, eſt au quarré de 20, qui eſt 400, ainſi 1 eſt au quatrieme terme, qu'on trouvera de 16 pouces; par conſéquent il faut, pour avoir un jet de 20 pieds, que le réſervoir ſoit élevé de 21 pieds 4 pouces.

Table pour

1456. Voici une table où l'on trouvera les différentes hauteurs

la hauteur des jets & des réſervoirs.

des jets relativement à celle de leurs réſervoirs; la premiere colonne marque la hauteur des jets, allant en augmentant de 5 pieds en 5 pieds; la ſeconde, celle des réſervoirs des mêmes jets au-deſſus de l'ajutage; la troiſieme, la hauteur des réſervoirs, qui croît en augmentant de 5 pieds en 5 pieds; & la quatrieme, celle des jets des mêmes réſervoirs.

Théorie pour le calcul de la quatrieme colonne de la table.

1457. Pour dire un mot de la maniere dont la quatrieme colonne a été calculée, on remarquera que, puiſque les défauts des jets ſont dans la raiſon des quarrés des hauteurs des mêmes jets, qu'ayant la hauteur de deux réſervoirs différens, & celle du jet qui répond au premier, on trouvera la hauteur du jet du ſecond; car nommant a, la hauteur du premier réſervoir; b, celle de ſon jet; c, la hauteur du ſecond réſervoir; x, celle de ſon jet; $a-b$, ſera le défaut du jet b, & $c-x$, celui du jet x; ce qui donne cette proportion, $bb, xx :: a-b, c-x$; d'où l'on tire, $axx-bxx=bbc-bbx$; & ſuppoſant $a-b=d$, l'on aura $dxx=bbc-bbx$, ou $x=\frac{\sqrt{bbc}}{d}+\frac{b}{4dd}-\frac{b^2}{2d}$. Préſentement ſuppoſant $a=61$ pouces, $c=360$ pouces ou 30 pieds, l'on aura $a-b$ ou $d=1$; faiſant le calcul, on trouvera que x vaut 329 pouces ou 25 pieds 5 pouces, qui eſt l'élevation où doit monter un jet dont le réſervoir eſt de 30 pieds de hauteur.

Remarque où l'on fait voir que la regle, pour le défaut des jets, n'a pas lieu dans toutes ſortes de cas.

1458. Il faut faire ici une remarque importante, qui paroît avoir échappé à M. *Mariotte*, & à tous ceux qui ont écrit ſur le mouvement des eaux, qui eſt que les défauts des jets ne ſeront tels qu'on le voit marqué dans la table, qu'autant que l'ajutage ſe trouvera le point le plus bas de la conduite, pour que la vîteſſe de l'eau, à l'inſtant de ſa ſortie, puiſſe être exprimée par la racine de la hauteur du niveau de l'eau du réſervoir au-deſſus du même ajutage: autrement ſi la conduite fait le *ſyphon*, & que la branche de *fuite* ſoit d'une hauteur ſenſible, la vîteſſe de l'eau ne ſera point exprimée par la racine de la charge, c'eſt-à-dire, de la hauteur du niveau de l'eau au-deſſus de l'ajutage, mais ſeulement *par la différence des racines des hauteurs qui marqueront l'élevation du réſervoir & de l'ajutage au-deſſus du plus bas point de la conduite*, parce que tout ce que nous avons dit au commencement du ſecond chapitre de ce livre ſur l'action de l'eau dans les tuyaux de conduite, s'applique naturellement à la théorie des jets d'eau; c'eſt pourquoi je conſeille de relire cet endroit pour mieux entrer dans ma penſée que je vais rendre ſenſible par un exemple.

Exemple.

1459. Suppoſant que A repréſente un réſervoir élevé de la hauteur

hauteur AB au-dessus du niveau BC d'un jardin, & que la conduite ABC réponde à la souche ou tige CD d'un ajutage D, qui fournit le jet DH placé au milieu d'un bassin ; il est constant qu'en faisant abstraction des frottemens, le défaut de ce jet eu égard à sa hauteur répondra à la regle de M. *Mariotte ;* parce que la vîtesse de l'eau à la sortie de l'ajutage D, pourra être exprimée par la racine de la hauteur AB, que je suppose extrêmement grande par rapport à CD. Mais si la conduite, au lieu de venir directement de B en C, formoit en passant par un vallon le siphon AEFG, pour venir ensuite de G en C, alors la vîtesse de l'eau au point D ne devant plus être exprimée que par la différence des racines des hauteurs ML & KL, ne sera pas si grande que dans le premier cas, ce qui fera que le jet au lieu de monter jusqu'en H, ne parviendra qu'en I ; ainsi son défaut sera beaucoup plus grand qu'il ne devroit l'être naturellement, & d'autant plus qu'il y aura moins de différence entre les hauteurs ML & KL. Voilà la principale cause qui fait que dans plusieurs jardins, la hauteur des jets n'est pas à beaucoup près aussi grande qu'elle devroit l'être, parce que l'on a estimé leur défaut en n'ayant égard seulement qu'à la hauteur de la charge, sans faire attention au chemin de la conduite.

relatif à l'article précédent.

PLAN. 2. FIG. 3.

Pour faire usage de la remarque précédente, nous supposerons que la hauteur ML est de 50 pieds, & KL de 15 pieds 4 pouces ; ainsi la charge MK sera de 34 pieds 8 pouces. Si l'on cherche les vîtesses par secondes qui répondent aux deux premieres chûtes, l'on trouvera 54 pieds 9 pouces pour celle dont peut être capable la branche de chasse ABL, & 30 pieds 3 pouces pour celle de la branche de fuite GFL, dont la différence est de 24 pieds 6 pouces, pour la vîtesse que doit avoir l'eau à la sortie de l'ajutage D, qui répond à une chûte de 10 pieds (608), & l'on trouvera dans la quatrieme colonne de la premiere table, que le jet ne montera qu'à 9 pieds 8 pouces, comme s'il étoit fourni par un réservoir de 10 pieds de hauteur seulement ; ce qui montre bien l'erreur où l'on tomberoit, si l'on comptoit sur l'élévation du jet dont peut être capable un réservoir élevé de 34 pieds 8 pouces.

1460. De quelque maniere que les conduites soient disposées, les jets ne peuvent monter à une hauteur approchante de celle qu'on trouve par le calcul, qu'autant que le quarré du diametre de l'ajutage, multiplié par la vîtesse de l'eau qui en sort, donne un produit égal ou moindre que celui du quarré du trou pratiqué au fond du réservoir par la vîtesse que l'eau peut avoir à sa sortie, com-

Pourquoi il faut que le diametre de l'ajutage soit beaucoup plus petit que celui de la conduite.

PREMIERE TABLE

De la hauteur des jets d'eau, relativement à celle de leurs réservoirs.

Premiere Colonne, qui comprend la hauteur des jets d'eau en pieds.	*Seconde Colonne, qui comprend la hauteur des réservoirs pour les jets de la premiere.*		*Troiſieme Colonne, comprenant la hauteur des réſervoirs pour les jets de la quatrieme.*	*Quatrieme Colonne, qui comprend la hauteur des jets pour les réſervoirs de la troiſieme.*	
pieds.	pieds.	pou.	pieds.	pieds.	pou.
5	5	1	5	4	11
10	10	4	10	9	8
15	15	9	15	14	3
20	21	4	20	18	9
25	27	1	25	23	2
30	33	0	30	27	5
35	39	1	35	31	7
40	45	4	40	35	8
45	51	9	45	39	8
50	58	4	50	43	3
55	65	1	55	47	5
60	72	0	60	51	2
65	79	1	65	54	10
70	86	4	70	58	4
75	93	9	75	62	1
80	101	4	80	65	5
85	109	1	85	69	1
90	117	0	90	72	5
95	125	1	95	75	9
100	133	4	100	79	1

me on l'a insinué dans l'article 532 ; encore faut-il pour bien faire, que la quantité d'eau que pourroit fournir la conduite soit plus grande que celle que l'ajutage dépensera, afin d'avoir égard aux circonstances rapportées dans les articles 1218 & 1219. D'après ces connoissances, il est aisé de déduire pourquoi, lorsqu'on supprime l'ajutage d'un jet, l'eau cesse de monter à sa hauteur ordinaire & ne forme plus en sortant à gueule bée, qu'une grosse gerbe qui a peu d'élevation.

Il suit que si dans l'article 1459, l'on supprimoit l'ajutage D, pour laisser sortir l'eau à gueule bée, il s'en faudroit bien qu'elle pût monter à la hauteur de 9 pieds 8 pouces, puisque c'est tout ce qu'elle pourroit faire si la charge étoit complette, c'est-à-dire si sa vîtesse en descendant dans la branche de fuite étoit presque insensible.

Si l'on se rappelle ce que nous avons exposé sur les frottemens de l'eau dans les articles 1220 & 1221, on verra que la hauteur des jets doit encore être alterée de cette part, & d'autant plus que la conduite sera plus longue. Plusieurs personnes qui ont fait des expériences sur ce sujet, prétendent que lorsque le diametre de la conduite est proportionné à celui de l'ajutage, le défaut des jets augmente d'un pied sur 100 toises de longueur de conduite.

Expérience de M. Mariotte *sur la dépense des jets d'eau relativement à la hauteur du réservoir, aux diametres de la conduite & de l'ajutage.*

1461. Les différentes causes qui alterent la vîtesse de l'eau, ne pouvant diminuer la hauteur des jets sans diminuer aussi leur dépense, il ne paroît pas qu'on puisse mieux l'estimer dans la pratique que relativement à une expérience; voici ce que M. *Mariotte* a déduit de celles qu'il a faites sur ce sujet. *Qu'un réservoir de 52 pieds de hauteur, ayant une conduite de 3 pouces de diametre & un ajutage de 6 lignes, dépensoit 8 pouces d'eau, ou 112 pintes, par minute, en formant un jet qui s'élevoit à-peu-près à la hauteur où il devoit atteindre.* Nous nous servirons donc de ces nombres pour les regles que nous allons établir, en considérant, comme le dit M. *Mariotte* *. *Qu'on peut prendre pour fondement, qu'un réservoir de 52 pieds doit avoir un tuyau de conduite de 3 pouces de diametre, quand l'ajutage est de 6 lignes, & que le jet montera à toute la hauteur qu'il doit avoir.*

* Au commencement de la cinquieme Partie de son Traité du Mouvement des eaux.

Maniere de déterminer le diametre des ajutages.

1462. Quand on veut faire un jet, le diametre de l'ajutage doit se regler sur la quantité d'eau que peut fournir le réservoir, ou sur la partie qu'on destine pour ce sujet, relativement à la distribution générale ; ainsi supposant qu'on veuille avoir un jet qui dépense 310 pintes d'eau par minute, provenant d'un réservoir de 80 pieds de hauteur, on demande le diametre de l'ajutage.

Eu égard à la dépense du jet.

Il faut se rappeller, que la dépense de deux réservoirs de différente hauteur, & qui répondent à des ajutages inégaux, *est dans la raison composée des racines des hauteurs des réservoirs, ou des vîtesses de l'eau, & des quarrés des diametres des ajutages* (452); ainsi nommant x, le diametre que l'on cherche, on aura, en suivant la regle d'expérience dont on vient de faire mention : $\sqrt{52} \times \overline{6}^2$, 112 pintes:: $\sqrt{80} \times \overline{x}^2$, 310 pintes, ou $\sqrt{52} \times 36$, 112 : : $\sqrt{80} \times xx$, 310. Pour rendre cette proportion moins composée, on peut en faire évanouir les signes radicaux, en cherchant une moyenne proportionnelle entre 52 & 80, qui sera $64\frac{3}{5}$, alors on pourra se servir des nombres 52 & $64\frac{3}{5}$ à la place de $\sqrt{52}$ & de $\sqrt{80}$, & l'on aura 52×36, 112 :: $\frac{323}{5} \times xx$, 310; ou 1872, 112 : : $\frac{323xx}{5}$, 310, d'où l'on tire $\frac{36176xx}{5} = 580320$, ou $x = \frac{\sqrt{2901500}}{36176} = 9$ lignes, ce qui fait voir que le diametre de l'ajutage doit être de 9 lignes.

Usage d'une table pour connoître la dépense des jets, eu egard à la hauteur de leurs réservoirs.

1463. Comme les calculs précédens, quoique fort simples, ne laisseroient pas que d'embarrasser ceux qui ont plus de pratique que de théorie; je joins ici une seconde table fort commode, pour connoître tout d'un coup la dépense en pintes des ajutages, qui auroient depuis 2 jusqu'à 30 lignes de diametre, pour les différentes hauteurs des réservoirs depuis 5 jusqu'à 100 pieds de hauteur, allant en augmentant de 5 pieds en 5 pieds. Par exemple, on a un réservoir de 40 pieds de hauteur, d'où l'on veut tirer 280 pintes, ou 20 pouces d'eau par minute, pour faire un jet, on demande la grandeur du diametre de l'ajutage, pour que le jet aille à sa plus grande hauteur, & qu'il dépense à-peu-près la quantité d'eau donnée. Il faut chercher le nombre 40 dans la premiere colonne, qui comprend la hauteur des réservoirs, & sur le même alignement prendre le nombre qui approche le plus de 280 qui est ici 270, ensuite remonter jusqu'au sommet, on trouvera 10 pour le diametre de l'ajutage, parce que tous les nombres qui sont au sommet des colonnes de cette table, marquent les diametres des ajutages, & ceux qui sont au-dessous, leur dépense, eu égard à la hauteur des réservoirs.

Connoissant la hauteur du réservoir & le diametre de l'ajutage, trouver la dépense du jet.

1464. Ayant la hauteur d'un réservoir de 60 pieds, & le diametre de l'ajutage de 8 lignes, il faut pour connoître la dépense du jet, chercher dans la premiere colonne le nombre 60, aller sur le même alignement jusqu'au-dessous du diametre de 8 lignes, & l'on trouvera 212 pintes pour la dépense du jet.

1465. Connoiſſant la dépenſe d'un jet de 150 pintes par minutes pour un ajutage de 7 lignes de diametre, trouver la plus grande hauteur où le jet pourra atteindre. Il faut chercher au ſommet de la table le diametre 7, & parcourir ſa colonne juſqu'au nombre le plus approchant de 150, qu'on trouvera de 147, enſuite ſur le même alignement prendre dans la premiere colonne le nombre correſpondant, qui eſt de 50 pieds pour la hauteur du réſervoir, qui répond dans la premiere table à un jet de 43 pieds 3 pouces de hauteur.

Connoiſſant le diametre de l'ajutage & la dépenſe du jet, trouver ſa hauteur.

1466. Plus les réſervoirs ſont élevés, & plus l'eau doit couler avec vîteſſe dans les tuyaux de conduite; mais ſi elle rencontre des obſtacles en chemin qui la retardent, les jets n'iront pas à toute la hauteur qui leur convient, & c'eſt ce qui ne manque jamais d'arriver lorſque les tuyaux ſont trop étroits, parce que l'eau ne coulant point librement, les ajutages ne ſont pas fournis auſſi abondamment qu'ils devroient l'être. Ainſi, il ne faut pas toujours juger de la hauteur d'un réſervoir, ni de la quantité d'eau qu'il peut dépenſer, par la hauteur du jet qui lui répond, puiſqu'il arrive ſouvent qu'un réſervoir élevé de 50 pieds, donne un jet qui ne monte qu'à 25 ou 30 pieds; c'eſt pourquoi quand on voudra juger de la dépenſe d'un jet, il ſuffira de connoître ſa hauteur & le diametre de ſon ajutage, ſans ſe mettre en peine de l'élévation de ſon réſervoir, il faut chercher ſeulement celle qui doit convenir au jet dont il s'agit.

Quand les tuyaux de conduite ſont trop étroits, les jets ne dépenſent pas ſelon la proportion de la hauteur de leurs réſervoirs.

1467. On a un jet de 35 pieds de hauteur, & de 11 lignes de diametre, on veut ſavoir la quantité d'eau qu'il dépenſe: il faut chercher dans la premiere table la hauteur du réſervoir qui doit convenir à un tel jet, on trouvera 39 pieds 1 pouce; enſuite dans la premiere colonne de la ſeconde table, voir le nombre le plus approchant de 39 pieds, qui eſt 40, & ſur le même alignement au-deſſous du diametre de 11 lignes, prendre le nombre 328 pour la dépenſe du jet par minute.

Connoiſſant la hauteur d'un jet & le diametre de ſon ajutage, trouver ce qu'il dépenſe.

1468. Il eſt donc eſſentiel, quand on veut que les jets atteignent toute leur hauteur, que les tuyaux de conduite ſoient d'une groſſeur convenable, c'eſt-à-dire proportionnée à la quantité d'eau qui doit y paſſer dans le même tems, pour cela *il faut que les quarrés de leurs diametres ſoient dans la raiſon de la dépenſe des jets, ou comme les racines quarrées de la hauteur des réſervoirs.* Mais ayant vu (1461), qu'un tuyau de conduite de 3 pouces de diametre, qui répondoit à un ajutage de 6 lignes, dont la dépenſe étoit de 112 pintes par minute, fourniſſoit un jet qui montoit à toute ſa hauteur, cette ex-

Il faut que les quarrés des diametres des tuyaux de conduite, ſoient entr'eux comme les racines des hauteurs du réſervoir.

SECONDE TABLE,

Qui comprend la dépense en pintes des jets d'eau par minute.

Diametre des ajutages.		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hauteur des réservoirs au-dessus des ajutages, exprimée en pieds.	5	$3\frac{1}{2}$	8	14	23	33	45	59	75	93
	10	$5\frac{1}{4}$	12	21	33	48	65	85	108	133
	15	$6\frac{1}{2}$	15	26	40	58	80	104	132	163
	20	$7\frac{1}{2}$	17	30	47	68	92	120	152	189
	25	$8\frac{1}{2}$	19	34	54	77	106	138	174	215
	30	$9\frac{1}{4}$	21	37	58	83	114	149	188	232
	35	$10\frac{0}{0}$	23	40	64	91	124	162	205	254
	40	$10\frac{3}{4}$	24	43	68	97	132	173	220	270
	45	$11\frac{1}{2}$	26	46	72	104	141	184	232	288
	50	$12\frac{0}{0}$	27	48	75	109	147	192	244	301
	55	$12\frac{1}{2}$	28	50	78	114	154	201	255	315
	60	$13\frac{1}{4}$	30	53	82	119	162	212	268	331
	65	$13\frac{3}{4}$	31	55	86	124	169	220	279	344
	70	$14\frac{1}{4}$	32	57	90	130	177	231	292	361
	75	$14\frac{3}{4}$	33	59	92	134	181	238	300	371
	80	$15\frac{1}{4}$	34	61	95	138	187	245	310	383
	85	$15\frac{3}{4}$	35	63	98	140	193	252	321	392
	90	$16\frac{1}{4}$	36	65	102	147	200	268	330	409
	95	$16\frac{3}{4}$	37	67	104	150	205	272	339	420
	100	$17\frac{1}{4}$	38	69	107	154	211	275	348	430

SUITE

De la table pour la dépenſe des Jets d'eau.

Diametre.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	112	134	157	182	210	238	269	302	336	373
10	161	192	225	261	300	341	385	432	481	533
15	197	235	275	320	367	417	471	529	589	652
20	228	272	319	370	425	483	545	605	681	755
25	274	310	363	422	484	551	622	697	777	861
30	281	335	393	456	523	595	672	753	840	930
35	307	366	429	498	572	650	734	823	912	1016
40	328	390	457	530	609	693	782	877	977	1083
45	349	415	487	565	648	737	832	933	1040	1152
50	364	434	509	590	677	771	871	976	1088	1205
55	381	455	533	618	710	808	913	1023	1140	1263
60	400	477	560	649	745	848	957	1073	1195	1325
65	414	495	584	676	774	880	995	1116	1248	1376
70	437	520	610	70[illegible]	812	924	1043	1170	1303	1444
75	449	536	628	724	828	952	1074	1200	1342	1472
80	463	552	647	75[illegible]	862	981	1107	1242	1383	1533
85	479	570	667	772	890	1008	1143	1280	1428	1568
90	496	589	691	801	920	1047	1182	1325	1476	1636
95	507	604	709	822	944	1074	1213	1359	1514	1678
100	521	620	728	844	969	1102	1243	395	1555	1723

SUITE

De la table pour la dépense des Jets d'eau.

Diametre.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	411	451	493	537	583	630	680	730	784	840
10	558	645	705	768	833	900	972	1044	1120	1200
15	719	781	854	940	1022	1100	1190	1280	1371	1468
20	826	914	1000	1088	1180	1276	1368	1480	1588	1700
25	940	1041	1138	1240	1345	1452	1569	1688	1811	1936
30	1025	1126	1230	1340	1453	1572	1695	1824	1956	2092
35	1120	1230	1344	1464	1588	1716	1845	1992	2136	2288
40	1193	1310	1432	1490	1692	1828	1982	2120	2279	2436
45	1271	1394	1524	1660	1800	1948	2098	2260	2422	2592
50	1329	1458	1594	1736	1883	2036	2199	2360	2534	2708
55	1393	1530	1670	1849	1973	2132	2302	2472	2655	2840
60	1460	1606	1751	1971	2070	2240	2414	2596	2786	2980
65	1521	1656	1828	2023	2150	2336	2508	2704	2893	3096
70	1592	1747	1910	2077	2256	2440	2630	2804	3036	3248
75	1629	1796	1967	2144	2300	2512	2682	2896	3095	3312
80	1690	1855	2027	2208	2395	2588	2790	3004	3223	3448
85	1737	1916	2093	2280	2450	2668	2858	3088	3297	3528
90	1803	1979	2163	2356	2556	2764	2979	3204	3440	3680
95	1850	2031	2219	2417	2622	2836	3058	3288	3528	3776
100	1900	2085	2278	2481	2692	2912	3132	3376	3623	3876

périence

périence pourra donc servir de base pour trouver le diametre de tel tuyau de conduite que l'on voudra, dès qu'on saura la dépense de son jet.

Maniere de déterminer les diametres des tuyaux de conduite, eu égard à la dépense des jets.

1469. Par exemple, on a un réservoir de 50 pieds de hauteur, d'où l'on veut tirer un jet, dont l'ajutage est de 9 lignes : on trouvera dans la seconde Table, qu'afin que le jet atteigne sa plus grande hauteur, il doit dépenser 244 pintes par minute; voulant savoir quel diametre il faudra donner au tuyau de conduite, pour que l'eau coulant sans contrainte, fournisse abondamment l'ajutage, il faut faire cette analogie. Si 112 pintes donnent 9 pour le quarré du diametre de 3 pouces, que donneront 244 pintes pour le quarré du diametre que l'on cherche? On trouvera $19\frac{24}{112}$, dont la racine quarrée est environ 4 pouces 5 lignes pour le diametre du second tuyau, auquel on ne fera pas mal de donner cinq pouces.

Puisque la grosseur des tuyaux de conduite doit être proportionnée à la quantité d'eau qui doit passer par les ajutages, il suit que lorsque les réservoirs auront la même hauteur, les diametres des tuyaux de conduite seront dans la raison de ceux de leurs ajutages.

Usage d'une table pour la proportion des diametres des tuyaux de conduite.

1470. Pour donner à ceux qui s'attachent à la conduite des eaux, toutes les facilités qu'ils peuvent désirer dans la pratique, je joindrai encore une troisieme table pour les diametres des tuyaux de conduite, relativement à la hauteur des réservoirs & à la grandeur des ajutages, par conséquent à la dépense des jets.

Les diametres des tuyaux de conduite se trouvent au sommet de la table, & vont en augmentant depuis 2 pouces jusqu'à 12. La premiere colonne comprend la hauteur des réservoirs; dans toutes les autres on trouve les diametres en lignes des ajutages, relativement à la hauteur des réservoirs, & à la grosseur des tuyaux de conduite.

Connoissant la hauteur du réservoir & le diametre de l'ajutage, trouver celui du tuyau de conduite.

1471. Ayant un réservoir de 25 pieds de hauteur & le diametre de l'ajutage étant de 6 lignes, on demande celui du tuyau de conduite; il faut chercher dans la premiere colonne le nombre 25, aller sur le même alignement jusqu'au nombre 6, diametre de l'ajutage, on trouvera au sommet de la colonne 2 pouces & demi pour celui de la conduite.

La hauteur du réservoir étant donnée & le diametre

1472. La hauteur du réservoir étant donnée de 30 pieds, & le diametre du tuyau de conduite de 6 pouces, on demande celui de l'ajutage. Ayant cherché dans la premiere colonne le nombre 30, il faut aller sur le même alignement au-dessous du diametre de 6

TROISIEME TABLE.

QUI comprend les diametres des tuyaux de conduite & ceux des ajutages, relativement à la hauteur des réservoirs.

Diametre.	2	2 1/2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	7	8	10	14	17	21	24	28	31	35	38	42
10	6	8	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
15	5	6	8	10	13	16	19	21	24	27	30	32
20	5	6	7	10	12	15	17	20	23	25	28	30
25	4	6	7	9	12	14	16	19	21	24	26	28
30	4	5	7	9	11	13	16	18	20	23	25	27
35	4	5	6	8	11	13	15	17	20	22	24	26
40	4	5	6	8	10	12	15	17	19	21	23	25
45	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
50	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
55	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
60	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
65	3	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22
70	3	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22
75	3	4	5	7	9	10	12	14	16	18	19	21
80	3	4	5	7	9	10	12	14	16	18	19	21
85	3	4	5	7	8	10	12	14	15	17	19	21
90	3	4	5	7	8	10	12	14	15	17	19	21
95	3	4	5	6	8	10	12	13	15	17	18	20
100	3	4	5	6	8	10	12	13	15	17	18	20

pouces, qui ſe trouve au ſommet de la table, & prendre le nombre 13, qui marque que le diametre de l'ajutage doit avoir 13 lignes.

du tuyau de conduite, trouver celui de l'ajutage.

De même connoiſſant le diametre de l'ajutage de 15 lignes, & celui du tuyau de conduite de 7 pouces, on demande la hauteur du réſervoir ou celle du jet; il faut chercher au ſommet de la table le diametre de 7 pouces, deſcendre dans la colonne qui lui répond juſqu'au nombre 15, & ſur le même alignement prendre dans la premiere colonne la hauteur que l'on cherche; on la trouvera de 35 pieds, qui répond dans la premiere table à un jet de 31 pieds 7 pouces.

1473. Ayant un jet de 18 pieds & demi de hauteur, & le diametre de l'ajutage de 10 lignes, on demande celui du tuyau de conduite; il faut chercher dans la premiere table, la hauteur du réſervoir qui convient à un jet de 18 pieds & demi, ou à celui qui en approche le plus, on trouvera qu'elle doit être de 20 pieds. Cela poſé, il faut chercher dans la troiſieme table le nombre 10, répondant au réſervoir de 20 pieds de hauteur; on trouvera au ſommet de la colonne le nombre 4, qui marque que le tuyau de conduite doit avoir 4 pouces de diametre. Je crois qu'il ne ſera pas mal pour plus d'intelligence, de donner encore un exemple, qui faſſe voir l'uſage des trois tables à la fois.

Connoiſſant la hauteur d'un jet & le diametre de ſon ajutage, trouver celui du tuyau de conduite.

1474. Je ſuppoſe que dans le voiſinage d'un jardin, l'on a une machine qui éleve l'eau à 60 pieds de hauteur, & qui fournit 200 pintes par minute, ou que ſi elle en donne une plus grande quantité, l'on en deſtine ſeulement 200 pintes pour faire un jet qui doit aller ſans ceſſe à toute la hauteur qu'il peut atteindre: on veut ſavoir le diametre qu'il faudra donner à l'ajutage, celui du tuyau de conduite, & la hauteur qu'aura le jet. On commencera par chercher dans la premiere table la hauteur du jet qui répond à un réſervoir de 60 pieds d'élevation, on trouvera 51 pieds 2 pouces; enſuite on verra dans la ſeconde table quel eſt le diametre de l'ajutage qui doit dépenſer 200 pintes par minute, venant d'un réſervoir de 60 pieds de hauteur, on trouvera qu'il doit être de 8 lignes. Il eſt vrai que l'on ne rencontre pas dans cette table exactement 200 pintes, puiſque l'ajutage de 8 lignes répond à 212; mais cette différence eſt d'une trop petite conſéquence pour ne pas s'en tenir au nombre le plus approchant. Dans la troiſieme table on trouve qu'un jet d'un ajutage de huit lignes, ayant un réſervoir de 60 pieds de hauteur, doit avoir un tuyau de conduite de 5 pouces de diametre. On ne rencontre pas non plus dans l'alignement de la

Maniere de faire uſage des trois tables à la fois.

hauteur de 60 pieds un ajutage préciſément de 8 lignes ; mais il faut ſe contenter de celui de 9, préférablement à celui de 7, qui ſe trouve immédiatement auparavant, afin d'avoir un tuyau de conduite dont la groſſeur ſoit plutôt au-deſſus qu'au-deſſous de la véritable.

De la figure la plus avantageuſe qu'il convient de donner aux ajutages.

1475. A l'égard des ajutages, on les fait ordinairement de figure *cylindrique* ou *conique* ; les cylindriques ſont les plus mauvais, parce qu'ils diminuent beaucoup la hauteur du jet ; les coniques ſont moins défectueux, mais ils ſont encore à rejetter. M. *Mariotte* a fait beaucoup d'expériences ſur ce ſujet, & n'en a point trouvé qui fiſſent un meilleur effet que de les compoſer d'une ſimple *platine* de cuivre, percée dans le milieu d'un trou circulaire du diametre convenable au jet, & d'appliquer cette platine horiſontalement ſur l'extrêmité de la ſouche. Mais il faut qu'elle ſoit polie & bien de niveau, autrement il y auroit de petits filets d'eau qui s'écarteroient de côté, ce qui rendroit le jet défectueux ; au lieu que pour être beau, il doit être uniforme & tranſparent au ſortir de l'ajutage juſqu'au ſommet, où il ne ſe doit diviſer que très-peu.

Voyez la figure 15e de la planche 3 du chapitre IV.

Voici le profil d'un ajutage que je rapporte comme le plus parfait. ABCD exprime l'extrémité de la ſouche faite de plomb, qui ſert de tige au jet, ſur lequel eſt entée une virolle de cuivre BFGC par le moyen d'un nœud de ſoûdure EH. La partie ſupérieure FG de cette virolle eſt tournée en vis pour s'ajuſter avec ſon écrou, pratiqué dans l'intérieur de la baſe IK de l'ajutage ILMK dont la *lumiere* NO, que nous avons confondu juſqu'ici avec l'ajutage même, n'eſt qu'un trou percé tout uniment dans le milieu de la platine LN, qui doit avoir 3 lignes d'épaiſſeur pour les grands jets, & 2 pour les médiocres. Une plus grande épaiſſeur ne feroit que cauſer plus de frottement & diminuer la hauteur du jet, comme cela ne manque point d'arriver ſenſiblement, lorſque l'on applique ſur la lumiere un bout de tuyau de 5 ou 6 pouces, pour le faire paſſer dans la gueule d'un animal, d'où l'on fait ſortir le jet, dans l'intention d'orner le baſſin ; ce tuyau cauſant le même défaut qu'un ajutage cylindrique.

Pour que les jets puiſſent atteindre à toute leur hauteur, il faut bien prendre garde de ne point retrécir le paſſage de l'eau à ſa ſortie du réſervoir pour entrer dans la conduite, comme cela arrive ſouvent de la part des ſoupapes ou crapaudines qu'on y place ; il convient au contraire d'évaſer l'entrée des conduites, afin que le diametre de la ſoupape ait au moins 2 pouces de plus que celui du tuyau.

1476. Il arrive ſouvent qu'on eſt obligé de faire aboutir pluſieurs tuyaux à un ſeul, alors il faut déterminer ſon diametre relativement à la groſſeur des rameaux, pour qu'il puiſſe en recevoir l'eau, de maniere qu'elle coule auſſi librement qu'auparavant. Par exemple, on a trois tuyaux venant d'autant de ſources différentes; le premier a 4 pouces de diametre, le ſecond 6, & le troiſieme 7; on veut les raſſembler en un ſeul qui les contienne tous trois. Pour cela, il faut ajouter enſemble les quarrés des nombres précédens; on aura 101 pour la ſomme, dont il faut extraire la racine quarrée, qui eſt environ 10 pouces, pour le diametre du tuyau que l'on demande. *Des rameaux ou branches qui aboutiſſent à une conduite principale.*

1477. Ayant un tuyau de conduite de 9 pouces de diametre, on en veut tirer un rameau de 5 pouces, on demande quel doit être le diametre de la continuation du premier pour conduire l'eau qui lui reſtera. Il faut quarrer 9 & 5, ôter le petit quarré du grand, la différence ſera 56, dont la racine eſt 7 pouces 5 lignes pour le diametre que l'on demande, qu'il convient de faire plus grand, parce que les petits tuyaux ont plus de ſurface, par conſéquent plus de frottement à proportion que les gros. *Maniere de tirer pluſieurs rameaux d'un tuyau principal.*

On a un tuyau principal de 10 pouces de diametre, on veut, pour former une grille d'eau, en tirer pluſieurs rameaux de 3 pouces, on demande combien on en pourra avoir; il faut diviſer le quarré de 10 par le quarré de 3, & l'on en trouvera 11. Comme tous les problêmes de cette eſpece, ſe rapportent aux ſimples élémens de la géométrie, je ne m'arrêterai pas à en donner d'autres exemples. Au reſte, on ſe ſert fort utilement des rameaux branchés ſur une ou pluſieurs conduites principales, pour diſtribuer l'eau aux différens jets que l'on veut former, ſans être obligé de la tirer immédiatement du réſervoir, ce qui multiplieroit conſidérablement le nombre des tuyaux, qu'il faut toujours faire enſorte d'économiſer le plus qu'il eſt poſſible.

1478. Quand on a des réſervoirs fort élevés, on ne donne pas roujours aux jets toute la hauteur qu'ils pourroient atteindre, parce qu'on aime mieux qu'il ayent plus de groſſeur, & moins d'élevation, lorſqu'on les deſtine à former des gerbes, champignons, ou bouillons d'eau. Pour cet effet, on diminue le diametre des conduites qui répondent à ces jets, & l'on augmente celui de l'ajutage, pour ſortir de la proportion qu'ils devroient avoir naturellement; ou bien on peut, ſelon l'article 532, ne laiſſer entrer dans la conduite qu'une certaine quantité d'eau qui donne une charge convenable à la hauteur du jet. *Il y a des cas où l'on ne donne point aux jets toute la hauteur qu'ils pourroient atteindre.*

Des robinets, regards & ventouses qu'il convient de faire aux tuyaux de conduite.

1479. Quand l'eau d'un réservoir descend perpendiculairement, ou le long d'une pente fort roide, il convient de mettre au bas de la conduite un robinet, que l'on ouvre quand on veut mettre l'eau en voie, afin que l'air dont elle vient occuper la place puisse s'évacuer promptement, sans quoi le tuyau seroit en danger de créver s'il n'y avoit d'autres sorties que la lumiere de l'ajutage. Il faut aussi avoir des puisards placés dans les endroits les plus convenables, avec des robinets pour mettre les tuyaux en décharge en cas de besoin, & ménager des ventouses dans les coudes ainsi qu'au sommet des pentes, pour donner de l'échappement à l'air que l'eau entraîne avec elle; j'ajouterai que les conduites doivent passer sous les allées, & jamais sous les pieces qui pourroient souffrir des réparations qu'on seroit dans le cas de faire.

Dans bien des cas les eaux machinales sont préférables à celles qui viennent des sources.

1480. Quand on a un courant dans le voisinage d'un jardin situé à la campagne, on aime mieux aujourd'hui, s'en servir pour élever l'eau dans un réservoir par le moyen d'une machine, afin de la faire jaillir, que d'amener de loin à grands frais les différentes sources qui se trouveroient assez élevées pour remplir le même objet, ce qui arrive rarement; au lieu qu'avec une machine on donne au réservoir autant d'élévation qu'on le juge nécessaire, on jouit de l'avantage d'avoir la source renfermée chez soi, & on n'a pas le désagrément de voir le cours de l'eau interrompu par la méchanceté des paysans, qui cassent les tuyaux exprès pour mortifier le Seigneur. D'ailleurs ces eaux étrangeres engagent à des indemnités, en faveur de ceux sur les terres desquels les conduites passent, & causent souvent des contestations avec d'autres Seigneurs qui prétendent avoir droit de les partager; en un mot ce sont des sources à procès.

Quant on sait mettre tout à profit, on peut marier la machine avec un moulin à bled, de maniere que la même roue puisse faire agir à la fois la meule & deux corps de pompes, si le courant a assez de force. Le pis-aller sera de faire agir la meule pendant le jour, & les pompes la nuit, dès qu'on aura un réservoir assez grand pour fournir pendant plusieurs heures à la dépense des eaux jaillissantes. Je ne dis rien de la construction de la machine, parce que le troisieme livre en présente de toute espece, laissant à la prudence de ceux qui seront chargés de l'exécution d'en faire un choix convenable à la situation du lieu, & à la dépense qu'on veut faire.

Si le château étoit dans une plaine, & qu'on n'eût qu'un simple ruisseau, ou une source fort abondante, alors je crois que le meilleur parti qu'on puisse prendre, seroit de construire une machine

muë par un cheval, à l'imitation de celle du Val S. Pierre (988), en rectifiant les pompes, & en ſuivant toutes les inſtructions que j'ai donné à ce ſujet.

Enfin ſi le château étoit ſitué ſur une éminence, on pourra faire une ou pluſieurs machines mues par le vent, qui éleveront l'eau à telle hauteur que l'on voudra, ſoit qu'on la tire d'une ſource ou d'un puits, comme il s'en rencontre aux environs de Paris. Il eſt vrai que j'ai donné peu d'exemples de ces ſortes de machines dans le ſecond chapitre du troiſieme livre, parce que leur conſtruction ſe rapportant toujours à des pompes, manivelles, rouets, lanternes ou balanciers, auxquels il n'eſt plus queſtion que d'appliquer le moteur, le point eſſentiel ſe réduiſoit à donner aux ailes qui doivent recevoir l'impreſſion du vent, la ſituation la plus avantageuſe, & d'en faire exactement le calcul, c'eſt pourquoi je m'y ſuis attaché autant qu'on peut le deſirer, ſans me mettre beaucoup en peine du reſte de la machine, que j'ai laiſſé à l'induſtrie de ceux qui liront mon livre avec fruit.

Des réſervoirs qui contiennent l'eau deſtinée à la diſtribution générale pour la décoration d'un jardin.

1481. Soit que les eaux proviennent de pluſieurs ſources raſſemblées par des tranchées de recherche & des tuyaux, ou qu'on les éleve par le moyen d'une machine, on ne peut ſe diſpenſer de les conduire dans un grand réſervoir, qui fourniſſe abondamment pendant pluſieurs heures les différentes pieces d'eau deſtinées à l'embelliſſement d'un jardin. Si le château eſt placé au pied d'une montagne, ou à mi-côte, la ſituation qui convient le mieux à l'emplacement du réſervoir eſt de le creuſer en terre au ſommet de la montagne; parce qu'alors faiſant le jardin en pentes, accompagnées de terraſſes, on pourra avec une petite quantité d'eau bien ménagée, & répétée ſous différentes formes, préſenter un grand nombre d'objets; parce que les baſſins qui recevront l'eau des pieces les plus élevées, ſerviront de réſervoirs à celles qui ſe trouveront au-deſſous, & ainſi de ſuite par caſcades juſqu'à l'endroit le plus bas, où elles ſeront reçues pour la derniere fois dans un canal qui leur ſervira de décharge.

Si l'on n'a point d'endroits commodes pour pratiquer un réſervoir creuſé en terre, il faudra alors de néceſſité en élever un de plomb, ſoutenu en l'air ſur des piliers de maçonnerie liés enſemble par des arcades, comme eſt celui du château d'eau à Verſailles, qui fournit toutes les eaux jailliſſantes du jardin; alors pour la conſtruction d'un tel réſervoir on pourra ſe conformer à ce que j'ai inſinué dans l'article 1414.

M. *Sirebeau*, Fontainier de la Ville de Paris, a fait exécuter

en 1728 un magnifique réservoir de cette espece au milieu de la grande cour des petites Maisons, à Paris. Il est renfermé dans un bâtiment isolé qui a intérieurement 32 pieds de longueur, sur 28. largeur; dont les murs ont 2 pieds & demi d'épaisseur, traversés par deux fortes poutres, chacune desquelles est soutenue dans le milieu par un pilier de pierre de 2 pieds en quarré, & de 20 pieds de hauteur; ces poutres servent à porter le plancher sur lequel est assis le réservoir, formé de tables de plomb soutenues par une carcasse de charpente, autour de laquelle il y a une galerie de 3 pieds de largeur. Le réservoir a 26 pieds de longueur sur 22 de largeur & 4 de profondeur, contenant 286 muids d'eau, qui coule de-là dans plusieurs autres réservoirs plus petits, placés dans les cuisines, offices, boulangerie & blanchirie, d'où elle est encore distribuée par des tuyaux & robinets dans tous les endroits de la Maison où l'on peut en faire usage; cette eau vient des cuvettes de la fontaine de la Charité, qui est fournie par les pompes de la machine appliquée au Pont Notre-Dame. J'ai cru qu'il convenoit de citer cet exemple pour donner une idée de la maniere de distribuer l'eau dans une grande maison; je reviens à mon sujet.

De quelle maniere on doit construire les bassins pour être bien étanches.

A l'égard des réservoirs creusés en terre, on jugera de la construction qui peut leur convenir le mieux, par celle des bassins, sur lesquels je vais m'entendre.

PLAN. 55. FIG. 2.

1482. Si l'on considere la seconde figure de la planche 55, on verra qu'elle représente le profil d'un bassin, tels qu'on les fait dans les jardins lorsqu'on veut qu'ils soient bien conditionnés & capables de tenir l'eau comme un vase. Il y a peu d'ouvrages qui demandent d'être fabriqués avec plus de soin; car si on ne réussit pas du premier coup, on ne doit point se flatter d'en pouvoir réparer la mauvaise façon.

Après avoir déterminé le diametre du bassin & sa profondeur, que nous avons dit devoir être depuis 20 jusqu'à 24 pouces, on fait une fouille circulaire, dont le rayon doit avoir 3 pieds de plus que n'en aura celui du bassin, & l'on approfondit aussi de 3 pieds de plus qu'on ne se l'est proposé; ensuite on établit une plate-forme de maçonnerie AB, qui doit regner sur toute l'étendue de l'excavation. Cette plate forme doit être faite de briques en mortier de ciment, sur une épaisseur de 12 pouces; la brique convenant beaucoup mieux pour former une bonne liaison capable d'empêcher la filtration de l'eau, que si on servoit de moilons: après cela on fait un revêrement AC & BD, composé de même, pour soutenir les terres, en formant une espece de cuve.

Cette

Cette maçonnerie étant bien ſeche, on applique deſſus le fond un conroi de terre glaiſe EF, de 12 pouces d'épaiſſeur, préparée comme nous le dirons par la ſuite. Sur ce conroi, on fait une ſeconde plate-forme de maçonnerie GH, encore de 12 pouces d'épaiſſeur, recouverte de dalles ou pierres plates ſervant de plafond, & on éleve tout autour un encuvement GI, HK, pour former le baſſin, obſervant de laiſſer entre cette maçonnerie (que l'on appelle *mur de douve*, ou *mur flottant*) & le revêtement CE, DF, un intervalle de 12 pouces, que l'on remplit d'un conroi de glaiſe à meſure qu'on éleve le mur flottant, & l'on termine le pourtour LN du baſſin par une bordure de pierre ou de gazon.

1483. Le fond d'un baſſin doit avoir une pente douce vers le côté qu'on aura choiſi pour y ménager une décharge lorſqu'on voudra le vuider, ce qui ſe fait avec un tuyau fermé par une ſoupape. On a ſoin de pratiquer auſſi une décharge de ſuperficie, qui conduit l'eau dans un lieu bas pour la faire jaillir une ſeconde fois dans un autre baſſin, & de-là dans un troiſieme, lorſqu'on a ſuffiſamment de pente. Quelquefois il y a des baſſins où la même conduite ſert de décharge de fond & de ſuperficie, par le moyen d'un tuyau M, entretenu dans un boiſſeau, duquel il peut être ſéparé quand on veut, comme dans l'article 1382; ainſi ce tuyau reçoit ſans ceſſe le ſuperflu du baſſin, qui va quelquefois ſe rendre dans un aqueduc O, pour couler tout naturellement à ſa deſtination.

Il faut que les baſſins ayent une décharge de fond & une de ſuperficie, accompagnés d'un regard.

Près du baſſin on fait un regard P, dans lequel eſt un robinet que l'on ferme avec une clef, comme dans l'article 1417, pour interrompre quand on veut le cours de l'eau. On obſervera de faire paſſer le tuyau de conduite à découvert ſur le plafond du baſſin, afin de mieux remédier aux accidens, & de prolonger d'environ 18 pouces ce tuyau au-delà de la ſouche pour y ménager une ſortie R, qu'on tient ordinairement fermée, mais que l'on ouvre au beſoin pour nettoyer la conduite, en laiſſant couler l'eau avec précipitation, lorſqu'elle ſe trouve engorgée. Enfin il convient de ſouder un collet de plomb Q, d'environ 6 pouces de largeur autour du tuyau, dans le milieu de l'endroit où il traverſe le conroi de glaiſe, afin que ce collet s'y trouvant bien enclavé, l'eau ne puiſſe point filtrer de ce côté-là.

1484. Sans ſe mettre en peine de la couleur de la glaiſe propre à la conſtruction d'un baſſin, on la jugera de bonne qualité lorſqu'elle ſera graſſe, & qu'elle filera quand on voudra la rompre,

Qualité & préparation de la glaiſe pour les baſſins.

comme celle dont les Potiers se servent. Pour la bien préparer, on commence par la labourer à la bêche trois ou quatre fois en l'humectant; on en forme des pelotons gros comme le poing, que l'on pêtrit chacun en particulier, pour voir s'il ne s'y trouve ni sable ni gravier; ensuite on l'emploie en la foulant lits par lits, sans y laisser le moindre vuide, ensorte qu'ils forment ensemble un seul corps que l'eau ne puisse pénétrer; c'est pourquoi il faut veiller de près la manœuvre des ouvriers, les moindres négligences pouvant causer un grand dommage.

On ne fait point de plate formes de maçonnerie aux grands bassins & aux réservoirs.

1485. Lorsqu'il est question de grands bassins ou de réservoirs, on se dispense, pour plus d'économie, de faire des plate-formes de maçonnerie : on se contente d'un conroi de glaise de 18 pouces d'épaisseur, appliqué sur un bon fond, le pourtour garni d'une plate-forme de racinaux pour servir de fondation au revêtement des berges. Sur ce conroi on éleve le mur flottant, à une distance de 12 pouces du précédent, que l'on remplit de glaise préparée, comme nous venons de l'insinuer; après que cet ouvrage a été fait pour le mieux, on garnit le fond du bassin ou du réservoir d'un lit de sable de six pouces d'épaisseur. Je ne m'arrête point davantage sur la main d'œuvre de ces sortes d'ouvrages, qui appartiennent naturellement à la seconde partie de l'Architecture Hydraulique.

Maniere de construire les citernes, pour conserver l'eau des pluies.

1486. La nature, si variée dans la production de ce qui est nécessaire à la vie des hommes & des animaux, est uniforme pour leur boisson; chaque pays leur fournit des fruits & des alimens différens, il n'y a que l'eau seule qui est la même par-tout, & d'une si grande nécessité, que nul endroit ne sauroit être habité, si on en manque. Tous ceux qui ont écrit sur les qualités de l'eau, conviennent que celle des pluies est la plus légere & la plus saine; c'est pour la conserver dans toute sa pureté que je vais donner la maniere de faire de bonnes citernes.

La grandeur d'une citerne doit se régler sur la capacité des bâtimens dont les toits recevront l'eau de pluie que l'on veut rassembler. Pour cela il faut être prévenu, qu'aux années communes, il tombe 18 pouces de hauteur d'eau sur la surface de la terre : ainsi 4 toises quarrées de couverture, prises horisontalement, recevront une toise cube d'eau, ou 27 muids; mais il convient de faire la citerne d'un tiers plus grande qu'on ne l'aura trouvé par l'estimation, observant de lui donner le plus de profondeur que l'on pourra, & de la pratiquer, s'il est possible, dans un endroit où elle puisse être

à couvert, pour ſe diſpenſer de toutes les ſujétions que demanderoit la conſtruction de la voûte.

Après avoir creuſé la foſſe, bien régalé le fond, & lui avoir donné un peu de pente du côté du puiſard, dans lequel doit aboutir le tuyau d'aſpiration de la pompe dont je ſuppoſe qu'on ſe ſervira pour tirer l'eau, il convient, ſi l'on eſt à portée d'avoir de bonne glaiſe, de commencer par en étendre un lit de 20 pouces d'épaiſſeur ſur le fond, de maniere qu'il déborde de 18 pouces le pourtour extérieur des piédroits. Enſuite on recouvre toute la ſuperficie d'une plate-forme de maçonnerie de 18 à 20 pouces d'épaiſſeur, faite de briques en bon mortier de ciment, dont le pourtour ſert de fondement aux piédroits, qu'on éleve auſſi en maçonnerie de briques & mortier de ciment; l'épaiſſeur de ces piédroits ſe regle ſur la hauteur, la largeur & le poids de la voûte. A meſure que la maçonnerie avance, on forme derriere un bon conroi de glaiſe, ſur l'épaiſſeur de 18 pouces, qui eſt l'intervalle qu'on doit avoir ménagé entre les piédroits & les berges.

Pour donner moins de portée à la voûte, & rendre l'ouvrage plus ſolide, il convient, lorſque la cîterne eſt d'une belle grandeur, de la diviſer en deux ou trois pieces par des murs de refend, dans chacun deſquels on pratique une porte, afin que l'eau puiſſe paſſer de l'une à l'autre, ce qui contribuera à la purifier, parce qu'elle dépoſera le gros de ſon limon dans la premiere, & le reſte dans la ſeconde, pour arriver claire dans la troiſieme, où je ſuppoſe le puiſard.

Lorſqu'on n'a point de glaiſe, il faut appliquer contre les piédroits un mur de pierres ſeches pour recevoir les eaux provenant des filtrations de la terre; mais la glaiſe vaut beaucoup mieux, parce qu'elle rend la cîterne plus étanche, & la garantit de la communication des eaux ſauvages. Au reſte, après que la voûte ſera achevée, & qu'on aura diſpoſé ſa ſurface en pente comme un toit, il faudra bien laiſſer ſécher la maçonnerie, enſuite grater les joints du parement pour recevoir une premiere couche de ciment, ſur laquelle on fait quantité de raies enfoncées d'environ une ligne avec le tranchant de la truelle pour recevoir une ſeconde couche de ciment, & l'on continue de même juſqu'à l'épaiſſeur d'un pouce; il faut encore pendant un mois frotter la derniere couche avec du lait de ciment, juſqu'à ce qu'elle forme un corps qui paroiſſe recuit comme un pot de terre.

On fait un cîterneau de 3 ou 4 pieds en quarré, ſur 6 à 7 pieds de profondeur, rempli de petit gravier qu'on a ſoin de bien laver

auparavant ; ce cîterneau ſert à recevoir les eaux de pluie, pour qu'elles ne ſe rendent dans la cîterne qu'après s'être déchargées des ordures qu'elles auroient pu ramaſſer ſur les toits. Quand l'ouvrage eſt fini, on recouvre la voûte de trois ou quatre pieds de terre, ſur laquelle il convient d'appliquer du pavé avec la pente néceſſaire pour l'écoulement des eaux. Quoique ce petit détail ſuffiſe pour la conſtruction d'une cîterne, on ne fera pas mal de voir ce que j'ai écrit ſur ce ſujet dans *la Science des Ingénieurs*.

Problême pour déterminer l'épaiſſeur qu'il faut donner aux murs qui doivent ſoutenir la pouſſée de l'eau.

1487. Lorſque l'on fait des digues, batardeaux de maçonnerie, réſervoirs, cîternes, écluſes, ſas, &c. il ne ſuffit pas de rendre les revêtemens étanches par la bonne liaiſon des matériaux, il faut encore ſavoir régler l'épaiſſeur des murs de maniere qu'ils ſoient capables de ſoutenir la pouſſée de l'eau, par leur réſiſtance propre, ne devant point compter ſur celle des terres contre leſquelles ils ſeroient appuyés, parce que ſi elles venoient à fléchir tant ſoit peu, l'ouvrage ſeroit bientôt détruit. Or ayant donné dans le premier & le ſecond livre de *la Science des Ingénieurs*, ce qui regardoit la pouſſée des terres & des voûtes, je vais finir celui-ci par un problême ſur la pouſſée de l'eau.

Voyez la figure 16 de la planche troiſieme du Chapitre précédent

Suppoſant que le rectangle ABCD repréſente le profil du mur d'un réſervoir iſolé, dont le fond ſera, ſi l'on veut, ſur la ſurface de la terre ; on demande l'épaiſſeur qu'il convient de donner à ce mur, pour que ſa peſanteur le rende capable de ſoutenir la pouſſée de l'eau dans l'état d'équilibre.

Pour bien entendre le méchaniſme que nous allons développer, on ne feroit pas mal de lire la troiſieme ſection du troiſieme chapitre du premier livre de cet ouvrage, ſur-tout l'article 373, où il eſt démontré que pour calculer la pouſſée de l'eau contre une ſurface verticale, il ne faut avoir nul égard à l'étendue du plan qui ſert de baſe à l'eau, ou de fond à un réſervoir, mais ſeulement à la ſuperficie de la ſurface pouſſée, & à la hauteur moyenne de l'eau.

On peut faire abſtraction de la longueur des murs qui ſoutiennent la pouſſée de l'eau, pour ne conſidérer que leur profil.

1488. Ayant fait abſtraction de la longueur des murs, lorſque nous avons traité de la pouſſée des terres, pour ne conſidérer qu'un des élémens dont on peut ſuppoſer qu'ils ſont compoſés, nous en uſerons de même dans le problême dont il s'agit, & nous n'aurons égard par conſéquent qu'à l'action d'une ſeule lame d'eau priſe verticalement. On ſe rappellera que cette lame doit être exprimée par un triangle rectangle & iſoſcelle BAH, puiſque ſa pouſſée va en croiſſant de B en A dans l'ordre d'une progreſſion arithmétique (332) dont le terme moyen eſt égal à la moitié de la hauteur BA

de l'eau (365), ce qui donne par conſéquent $\frac{\overline{AB}^2}{2}$ pour l'expreſſion de la pouſſée.

Ayant vu auſſi dans l'article 413, que le centre d'impreſſion de la pouſſée de l'eau contre une ſurface verticale étoit aux deux tiers de la profondeur de l'eau, on pourra ſuppoſer que la pouſſée répandue depuis B juſqu'en A, eſt réunie au point L, éloigné du niveau IB de l'eau de la diſtance BL, égale aux deux tiers de BA ou de IH; alors le bras de levier, par lequel agit cette pouſſée, ſera exprimé par la ligne LA, égale au tiers de la hauteur BA de l'eau. Si l'on vouloit que cette pouſſée fût réunie au point B, pour agir ſelon la direction BC, comme fait la puiſſance Q qui lui ſeroit équivalente, il ne faudroit prendre que le tiers de la pouſſée, c'eſt-à-dire, le tiers de $\frac{\overline{AB}^2}{2}$ qui eſt $\frac{\overline{AB}^2}{6}$, puiſque l'on triple ſon bras de levier.

D'autre part ſi l'on ſuppoſe que la peſanteur qu'on peut attribuer au rectangle AC eſt réunie dans le poids P, qui répond à la ligne de direction FG, partant du centre de gravité F, la perpendiculaire DG tirée du point d'appui D ſur cette ligne, exprimera le bras de levier du poids P, ou la réſiſtance que la peſanteur de la muraille oppoſe à la pouſſée de l'eau. On pourra auſſi prendre pour bras de levier de la puiſſance Q, c'eſt-à-dire, de la pouſſée réduite au point B, la perpendiculaire DC tirée du même point d'appui D ſur la direction BC, ſelon laquelle cette puiſſance agit.

Le poids d'un certain volume de maçonnerie eſt à celui d'un égal volume d'eau dans le rapport de 12 à 7.

1489. Si le poids d'un certain volume d'eau étoit égal à celui d'un pareil volume de maçonnerie, on pourroit regarder les deux puiſſances qu'il s'agit ici de mettre en équilibre, comme ſi elles étoient exprimées l'une par la ſixieme partie du quarré de la hauteur BA, & l'autre par celle du rectangle ABCD; mais comme un pied cube de maçonnerie peſe au moins 120 livres, tandis qu'un pied cube d'eau n'en peſe que 70, il faut néceſſairement avoir égard à cette différence, en faiſant une compenſation qui puiſſe faire regarder les deux puiſſances comme homogenes. Pour cela je conſidere que le poids d'un certain volume d'eau étant à celui d'un pareil volume de maçonnerie, comme 7 eſt à 12, il faut multiplier la ſuperficie du triangle HBA qui eſt $\frac{\overline{BA}^2}{2}$ par $\frac{7}{12}$ pour avoir $\frac{\overline{7BA}^2}{24}$, qu'on pourra regarder comme une ſuperficie homogene

à celle du rectangle AC; ainsi multipliant encore cette quantité par $\frac{1}{3}$ pour la réduction de la poussée réunie au point B, on aura $\frac{7BA}{72}$ pour la valeur de la puissance Q.

Formule pour déterminer l'épaisseur des murs, qui n'ayant point de talud, soutiennent l'eau sur toute leur hauteur.

1490. Nommant a, la hauteur BA ou CD de l'eau; x, l'épaisseur AD de la muraille; DG sera $\frac{x}{2}$; & l'on aura $\frac{7}{72} \times aa = Q$, $ax = P$ qui donne dans l'état d'équilibre; $Q\left(\frac{7}{72} \times aa\right)$, $P\left(ax\right)$ :: $DG\left(\frac{x}{2}\right)$, $DC\left(a\right)$. D'où l'on tire $\frac{7}{72} \times aaa = \frac{axx}{2}$, ou $\sqrt{\frac{7}{36}}\, aa = x$; ce qui montre que *pour avoir l'épaisseur du mur, lorsqu'il n'a point de talud, il faut prendre les sept-trente-sixiemes du quarré de la hauteur de l'eau, & en extraire la racine qui donnera ce que l'on demande*; par exemple, supposant que la hauteur de l'eau soit de 10 pieds, on multipliera le quarré de ce nombre par $\frac{7}{36}$ pour avoir $19\frac{4}{9}$ pieds quarrés, dont la racine est 4 pieds 4 pouces 9 lignes.

Autre formule pour trouver l'épaisseur des murs dont la hauteur surpasse celle de l'eau.

1491. Si le niveau de l'eau étoit au-dessous du sommet de la muraille, comme cela est assez ordinaire, la formule précédente ne pourroit avoir lieu. Pour en établir une autre, nous supposerons que a exprime seulement la hauteur de l'eau, par conséquent celle du bras de levier de la puissance, & b, la hauteur de la muraille; alors on aura $\frac{7}{72} \times aa$, bx :: $\frac{x}{2}$, a; ou $\sqrt{\frac{7}{36} \times \frac{a^3}{b}} = x$, ce qui montre que *pour avoir l'épaisseur d'un mur plus élevé que l'eau qu'il soutient, il faut diviser le cube de la hauteur de l'eau par celle du mur, prendre les sept-trente-sixiemes du quotient, & en extraire la racine quarrée.* Par exemple, supposant que la hauteur de l'eau soit de 8 pieds & celle du mur de 10, il faut diviser le cube de 8 qui est 512 par 10, pour avoir $\frac{512}{10}$ qu'il faut multiplier par $\frac{7}{36}$, & extraire la racine quarrée du produit, qui donnera environ 3 pieds 2 pouces.

Lorsqu'on aura trouvé l'épaisseur qui convient à l'état d'équilibre, on l'augmentera ensuite autant qu'on le jugera nécessaire, selon la qualité des matériaux qu'on employera, pour prévenir tout accident.

Formule pour trouver l'épaisseur du sommet des murs qui ont un talud extérieur, & qui soutiennent la poussée de

1492. Si l'on vouloit que le mur eût extérieurement un talud déterminé, comme dans la figure dix-septieme, & qu'il fût question de trouver son épaisseur BC par rapport à sa hauteur, & à celle de l'eau, voici comment on pourra établir la formule qui viendra dans ce cas.

Nommant a, la hauteur arbitraire de l'eau; b, la hauteur AB du mur ou de la perpendiculaire DK, tirée du point d'appui D sur

Grave.e par Dheulland

Dessein d'une Fontaine jaillissante, placée dans le Fer à cheval d'un Escalier à deux Rampes, pour la décoration d'un Jardin.

Fig. 1re

Profil d'un Bassin pour les Jets d'eau.

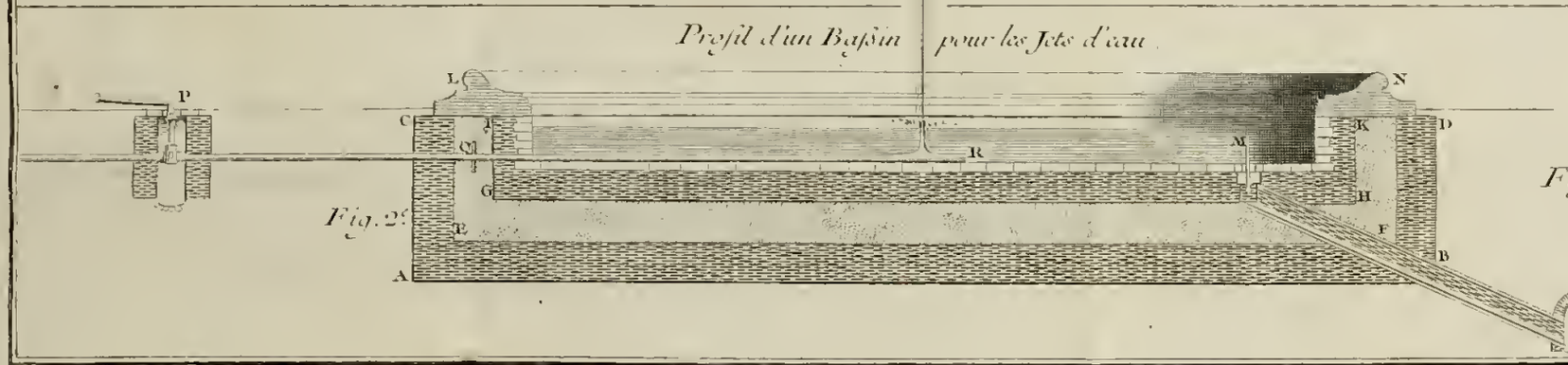


Fig. 2e

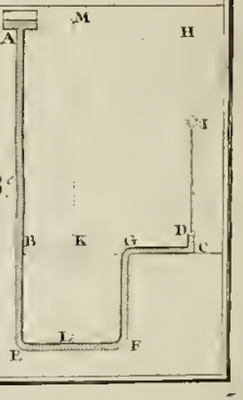


Fig 3e

la ligne de direction BK de la puiſſance Q ; c, le talud GD de la muraille ; & x, ſon épaiſſeur au ſommet BC ; on aura $\frac{aa}{2}$ pour la pouſſée de l'eau, qui étant multiplié par $\frac{7}{12}$, pour avoir égard à la différence du poids de l'eau à celui de la maçonnerie (1489), on aura $\frac{7}{72} \times \frac{a^3}{b} = Q$, qui étant multiplié par la perpendiculaire DK (b) donne $\frac{7}{72} \times a^3$ pour le moment de la puiſſance Q.

l'eau dans l'état d'équilibre.

Voyez la figure 17 de la planche troiſieme du chapitre précédent.

Pour avoir de même le moment de la maçonnerie, il faut conſiderer que ſi le poids R répond à la ligne de direction tirée du centre de gravité du triangle GCD, il en exprimera la ſuperficie & aura pour bras de levier la perpendiculaire DI, égal aux deux tiers de la baſe GD. Ainſi multipliant $\frac{bc}{2}$ par $\frac{2}{3}$ il viendra $\frac{bcc}{3}$ pour le moment du triangle GCD, auquel il faut ajouter celui du rectangle ABCG, qu'on aura en multipliant ſa ſuperficie bx par la perpendiculaire DH $(c + \frac{x}{2})$, afin d'avoir dans l'état d'équilibre $\frac{7}{72} \times a^3 = \frac{bcc}{3} + bcx + \frac{bxx}{2}$, d'où dégageant l'inconnue, il vient $\sqrt{\frac{7}{36} \times \frac{a^3}{b} + \frac{cc}{3}} - c = x$, ce qui montre que *pour avoir l'épaiſſeur du ſommet BC de la muraille, il faut diviſer le cube de la hauteur de l'eau par celle de la muraille, prendre les ſept-trente-ſixiemes du quotient, y ajouter le tiers du quarré du talud, extraire la racine quarrée de la ſomme, d'où il faudra ſouſtraire la valeur du talud ; la différence donnera ce que l'on demande.*

Par exemple, ſuppoſant que la hauteur de l'eau ſoit de 10 pieds, celle de la muraille de 12, & le talud GD de 2, on diviſera le cube de 10 (qui eſt 1000) par 12, & on multipliera $\frac{1000}{12}$ par $\frac{7}{36}$; il viendra $16\frac{11}{54}$ pieds quarrés, à quoi il faut ajouter le tiers du quarré de 2, pour avoir $17\frac{29}{54}$ pieds quarrés, dont la racine eſt 4 pieds 2 pouces, d'où ſouſtrayant 2 pieds, valeur du talud, il reſte 2 pieds 2 pouces pour l'épaiſſeur du ſommet de la muraille dans l'état d'équilibre.

Fin du Second Volume de la Premiere Partie.

CORRECTIONS ET ADDITIONS.

Page 38, *lig.* 13 *& ſuivantes*, *liſez* Ayant vu qu'il falloit multiplier HM ($\frac{bx}{aa}\sqrt{aa-xx}$) par AI ($2\sqrt{aa-xx}$) pour avoir l'expreſſion de la force latérale du vent multipliée par la ſurface entiere réduite, la moitié de cette ſomme, c'eſt-à-dire HM ($\frac{bx}{aa}\sqrt{aa-xx}$) × AR ($\sqrt{aa-xx}$) exprimera la force latérale du vent, multipliée par la moitié de la ſurface réduite, comme on vient de trouver $x = \frac{\sqrt{aa}}{3}$ pour le plus grand effet, ſubſtituant la valeur de x dans les expreſſions précédentes, on aura $\frac{b}{aa}\frac{\sqrt{aa}}{3} \times \frac{\sqrt{2aa}}{3} \times \frac{\sqrt{2aa}}{3} = \frac{2b}{3}\frac{\sqrt{aa}}{3}$ ou $\frac{\sqrt{4aabb}}{27} = \frac{\sqrt{4}}{27} \times ab$. Or ſi l'on multiplie, &c.

Pag. 39, *lig.* 11, *liſez* Ainſi multipliant le dénominateur de cette fraction par 60 (602) & le numérateur par 70 (601), multipliant de plus ce même numérateur par 277, ſuperficie des aîles réduites, on aura $\frac{628236}{3456} =$ 182 livres pour l'impreſſion, &c.

TABLE

TABLE DU SECOND VOLUME.

LIVRE TROISIEME.

Où l'on enſeigne la Théorie des Pompes, la maniere de les mouvoir, & la Deſcription de pluſieurs belles Machines pour élever l'eau.

CHAPITRE PREMIER.

Des propriétés de l'air, ſervant d'introduction à la Théorie des Pompes.

LES Anciens attribuoient à l'horreur du vuide les effets de la peſanteur de de l'air. Page 1

Toricelly a découvert le premier la peſanteur de l'air, égale à une colonne de mercure d'environ 28 pouces. 2

Raiſon pour laquelle le mercure ſe ſoutient à la hauteur de 28 pouces. ibid.

Preuve que l'élevation du mercure dans un tuyau, vient de la peſanteur de l'air. ibid.

Expérience faite proche Clermont en Auvergne. 3

L'air eſt en équilibre avec une colonne d'eau de 31 pieds deux tiers de hauteur. ibid.

De quelle maniere l'eau monte par aſpiration. ibid.

Maniere de connoître la peſanteur de l'atmoſphere. 4

Maniere de connoître la peſanteur d'un certain volume d'air. ibid.

Explication des variations du barometre. 5

L'air a du reſſort, & peut être condenſé. 6

Le reſſort de l'air agit en tout ſens avec une force égale. ibid.

La force du reſſort de l'air eſt cauſe de la difficulté qu'on éprouve à ſéparer deux corps polis. 7

Raiſon pour laquelle on ne peut ouvrir ſans un grand effort un ſoufflet dont toutes les ouvertures ſont bouchées. ibid.

Que la peſanteur de l'air eſt cauſe de la propriété du ſyphon. ibid.

Expérience familiere pour prouver la force du reſſort de l'air. 8

Deſcription de la machine pneumatique. ibid.

Maniere de connoître à quel point l'air eſt dilaté dans la machine pneumatique. 9

Trouver le nombre de coups de piſton qu'il faut donner pour dilater l'air juſqu'à un certain point déterminé. 10

Pourquoi un animal meurt dans le récipient, lorſqu'on en a dilaté l'air. Page 11
Maniere de ſe ſervir du barometre pour dilater l'air du récipient juſqu'à un certain point déterminé. 12
La poudre à canon ne fait point d'effet dans la machine pneumatique. 13
Un certain volume d'air peſe une fois plus en hyver qu'en été. 14
On n'a jamais exactement la peſanteur des corps qui ont beaucoup de volume. 15
Le reſſort de l'air augmente dans la raiſon des poids dont il eſt chargé. ibid.
Regle générale ſur la force du reſſort de l'air condenſé. 16
La dilatation de l'air en diminue le reſſort. 17
Regles générales ſur la dilatation de l'air. ibid.
Conſéquence de la dilatation de l'air au ſujet de l'aſpiration de l'eau dans les tuyaux. 18
La chaleur augmente la force du reſſort de l'air. ibid.
La force que le reſſort de l'air a acquis par la chaleur, diminue à meſure qu'il peut ſe dilater. ibid.
Le froid diminue la force du reſſort de l'air. 19
Expérience ſur la force que le reſſort de l'air acquiert par la chaleur de l'eau bouillante. ibid.
Ordinairement en France le plus grand froid de l'hyver ne va qu'à un ſixieme de la diminution de la plus grande chaleur de l'été. 20
Expériences faites en Angleterre ſur le plus grand degré de chaleur dont pluſieurs corps peuvent être capables. 21
La chaleur du corps humain eſt ordinairement égale à celle qui regne ſous l'équateur. ibid.
Diſſertation pour faire voir, contre l'opinion commune, que les caves ſont plus chaudes en été qu'en hyver, & plus froides en hyver qu'en été. 22
Deſcription d'une pompe, par laquelle on peut faire monter l'eau à une hauteur médiocre par l'action alternative du chaud & du froid. 24
L'humidité augmente la force du reſſort de l'air. 25
L'eau eſt toute impregnée d'air. Expérience ſur ce ſujet. 26
Remarque ſur l'eau convertie en glace. ibid.
Conjecture ſur la maniere dont le feu agit pour dilater les fluides. 27
Effets ſurprenans des cordes mouillées. 28
On peut ſe ſervir utilement de l'action de l'eau pour déroquer le marbre des carrieres, ou pour fendre les groſſes pieces. 29

CHAPITRE II.

De la théorie des machines mues par le vent, & la maniere d'en calculer l'effet.

EXAMEN du choc du vent, où l'on fait voir ſa conformité avec le choc de l'eau. 30
Expérience ſur le choc du vent, pour en connoître le rapport avec le choc

de l'eau. Page 30
La vîteſſe du vent doit être 24 fois plus grande que celle de l'eau pour choquer une même ſurface avec une égale force. 32
Autre maniere d'eſtimer le rapport du choc de l'air à celui de l'eau. ibid.
Maniere d'eſtimer le choc du vent en livres, comme on fait celui de l'eau. 33
Connoiſſant le choc & la vîteſſe d'un certain vent, connoître le choc d'un autre vent dont on a la vîteſſe. 34
Maniere de connoître la vîteſſe du vent, en connoiſſant la force du choc dont il eſt capable. ibid.
Remarques ſur les différentes manieres dont une ſurface peut être choquée par le vent. ibid.
Origine des moulins à vent. 35
L'axe d'un moulin à vent doit être ſitué dans la direction du vent. ibid.
Les ailes d'un moulin, pour tourner, doivent recevoir obliquement l'impreſſion du vent. 36
Maniere de trouver l'angle que chaque aile doit faire avec l'axe. 37
La force relative du vent ſur les ailes, lorſqu'elles font avec l'axe un angle de 55 degrés, n'eſt qu'environ les $\frac{5}{12}$ de la force abſolue du même vent. 38
Maniere de faire le calcul de l'action du vent ſur les ailes d'un moulin ordinaire. ibid.
Remarque ſur l'importance de faire que les ailes d'un moulin forment avec l'axe un angle de 55 degrés. 40
Examen de la figure la plus avantageuſe qu'on pourroit donner aux ailes des moulins à vent. ibid.
Pour qu'un moulin faſſe le plus grand effet, il faut que la vîteſſe des ailes, priſe à leur centre de gravité, ſoit le tiers de celle du vent. 41
Deſcription d'un moulin dont les ailes tournent horiſontalement. 42
Formules générales pour calculer l'effet de toutes les machines mues par le vent. 43
Deſcription d'une machine mue par le vent, ſervant à deſſécher un terrein aquatique. 44
Maniere de faire le calcul de l'action du vent ſur les ailes de cette machine. 45
Autre calcul pour découvrir la quantité d'eau que la même machine épuiſera par heure. 46
Deſcription d'une pompe aſpirante miſe en mouvement par l'action du vent. 47
Deſcription d'un moulin à vent pour deſſécher un terrein aquatique. ibid.
Calcul du même moulin, eu égard à la vîteſſe du vent, pour connoître le poids de l'eau qu'il peut élever. 48
Eſtimation de la quantité d'eau que ce moulin peut épuiſer par heure. 49
La grandeur des barrillets du chapelet doit être proportionnée à la hauteur à laquelle il faudra élever l'eau. 50
Deſcription d'une machine pour arroſer un terrein aride. ibid.

CHAPITRE III.

Où l'on donne une deſcription générale des pompes de toutes ſortes d'eſpeces, avec un examen de ce qui peut contribuer à les rendre parfaites.

DESCRIPTION d'une pompe aſpirante. Page 53
Explication du piſton de la pompe aſpirante. 54
Détail de la ſoupape qui ſe place au fond d'un corps de pompe. ibid.
De quelle maniere le poids de l'atmoſphere fait monter l'eau dans les pompes. 55
Maniere de calculer la hauteur où l'eau peut monter par aſpiration à chaque coup de piſton. 56
Deſcription d'une pompe refoulante plongée dans l'eau. 57
Détail du piſton d'une pompe refoulante. ibid.
Explication de l'effet de cette pompe. 58
Deſcription des pompes aſpirantes & refoulantes. ibid.
Détail du piſton de cette pompe. 59
Situation différente qu'on peut donner aux tuyaux d'aſpiration des pompes aſpirantes & refoulantes. 60
Deſcription des pompes du pont Notre Dame à Paris. ibid.
Deſcription d'une des pompes de la Machine de Marly. 61
Deſcription d'une pompe executée en Angleterre, à la machine qui éleve l'eau par le moyen du feu. ibid.
Détail du piſton de cette pompe. 62
Deſcription des pompes de la Samaritaine à Paris. 63
Deſcription d'une pompe qui fait monter l'eau ſans interruption. ibid.
Deſcription d'une pompe qui joue à l'aide de la condenſation de l'air. 64
Reflexions ſur les avantages & les défauts des pompes précédentes. 65
De toutes les pompes qu'on vient de décrire, les plus parfaites ſont celles du pont Notre-Dame. 66
Il ne faut pas qu'un piſton, en refoulant, bouche l'entrée d'un tuyau montant. 67
La puiſſance qui fait agir une pompe aſpirante & refoulante n'eſt pas uniforme. 68
Défaut des pompes refoulantes qui font monter l'eau ſans interruption. 69
La perfection des pompes en général dépend de ſix choſes principales. 70
A quoi ſe réduit l'effort d'une puiſſance qui refoule l'eau dans un réſervoir. ibid.
De quelle maniere on doit calculer l'effort d'une puiſſance qui aſpire l'eau dans un corps de pompe. 71
Remarque eſſentielle pour calculer l'effort d'une puiſſance qui fait agir des pompes. 72

Sur les diametres des corps de pompes, ou des piſtons. *Page* 73.

Le diametre d'un piſton doit être proportionné à la puiſſance qui fait agir la pompe. ibid.

Attention qu'il faut avoir quand une puiſſance fait agir à la fois pluſieurs pompes aſpirantes. 74

Obſervations ſur le diametre qu'il faut donner aux pompes qui aſpirent & refoulent alternativement. ibid.

A quoi il faut avoir égard quand la puiſſance aſpire & refoule en même tems. ibid.

A quoi il faut avoir égard quand la puiſſance fait agir des pompes qui ſont en nombre impair. 75

La hauteur des corps de pompes doit ſe régler ſur la levée des piſtons. 76

Dans les pompes refoulantes, il faut que le tuyau montant ſoit par-tout d'une groſſeur uniforme, & que ſon diametre ſoit au moins égal à celui du corps de pompe. ibid.

Quand on a pluſieurs pompes accollées, & qui répondent à un même tuyau montant, il faut que la groſſeur de ce tuyau ſoit proportionnée à la plus grande quantité d'eau qui ſera refoulée dans le même tems. ibid.

Sur l'inconvénient de faire le diametre des tuyaux montans, & celui du trou des ſoupapes des pompes refoulantes, plus petit que celui des piſtons. *Page* 77.

Maniere de calculer la force de l'action de l'eau qui coule dans un tuyau horiſontal. ibid.

Application de l'article précédent, au calcul de la puiſſance qui meut le piſton d'une pompe refoulante. 78

Maniere d'eſtimer le rapport de la puiſſance que ſoutient une colonne d'eau dans l'état d'équilibre, avec celle qui la refoule pour la faire monter. ibid.

Démonſtration pour faire voir le défaut des tuyaux montans d'un diametre plus petit que celui du corps de pompe. 79

Comparaiſon des forces qu'il faut à la puiſſance qui refoule l'eau dans des tuyaux de différentes groſſeurs. ibid.

Il faut auſſi que l'eau, en paſſant par le trou des ſoupapes, n'y rencontre aucun obſtacle. 80

Lorſqu'une même puiſſance refoule l'eau dans des tuyaux de différentes groſſeurs, les tems de la levée du piſton ſont dans la raiſon réciproque des quarrés des diametres des tuyaux montans. ibid.

Regle pour déterminer le rapport de la force du courant qui meut une pompe, au poids de la colonne d'eau que le piſton refoule. 81

Sur la hauteur où l'on peut élever l'eau par aſpiration, eu égard aux dimenſions des pompes. *Ibid.*

Examen des différentes viteſſes de l'eau qui monte dans un tuyau vertical. 82

Les différentes vîteſſes de l'eau qui monte dans un tuyau vertical, doivent être exprimées par la différence des racines de la chûte & de celles des hauteurs où le niveau de l'eau ſe trouve en montant au-deſſus du pied de la chûte. Page 82

Examen de ce qui arrive lorſqu'il y a un piſton dans la branche où l'eau monte. 83

Les articles précédens peuvent s'appliquer à la théorie des pompes aſpirantes. ibid.

Le corps de pompe ſe remplira toujours par aſpiration, lorſque les quarrés des diametres du piſton & du tuyau d'aſpiration ſeront en raiſon réciproque de la vîteſſe de l'eau & de celle du piſton. 84

Application d'une formule générale à la maniere de trouver le diametre & la hauteur du tuyau d'aſpiration. 85

La hauteur où l'on peut élever l'eau par aſpiration, dépend encore de pluſieurs conſidérations auxquelles il faut avoir égard. 87

L'emplacement des ſoupapes fait naître trois cas différens. ibid.

Examen du premier cas. 88

Examen du ſecond cas. ibid.

Maniere de calculer la hauteur où l'eau peut monter dans les pompes du ſecond cas. 89

Examen du troiſieme cas. 91

M. Parent *a propoſé aux Savans huit problêmes ſur les pompes.* ibid.

PROBLÊMES DE M. PARENT,

Propoſés aux Savans, ſur les meſures les plus parfaites des pompes, & de leurs aſpirans. *Page* 92.

Premier problême. ibid.

Second problême. ibid.

Troiſieme problême. 93

Quatrieme problême. 94

Cinquieme problême. ibid.

Sixieme problême. ibid.

Septieme problême. ibid.

Huitieme problême. ibid.

Remarques ſur les problêmes de M. Parent. ibid.

Solution du premier problême de M. Parent, *lorſque le tuyau d'aſpiration eſt plus grand que la ſomme du vuide & du jeu du piſton.* 95

Regle pour diminuer la hauteur du tuyau d'aſpiration, pour que l'eau puiſſe monter dans le corps de la pompe à une hauteur donnée. 96

Solution du ſecond problême, avec la ſolution de l'article 928. 97

Solution du troiſieme problême, avec la circonſtance de l'article 928. ibid.

Raiſon pour laquelle M. Parent *change de méthode, lorſque la hauteur du tuyau d'aſpiration eſt moindre que la ſomme du vuide & du jeu du piſton.* ibid.

Analyſe du calcul que fait M. Parent, *lorſque la hauteur du tuyau d'aſpiration eſt moindre que la ſomme du vuide & du jeu du piſton.* Page 98

Une pompe eſt parfaite lorſque la moitié de la ſomme du jeu du piſton, du vuide & du tuyau d'aſpiration, eſt moyenne proportionnelle entre le jeu du piſton & la hauteur de la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmoſphere. 99

Autre conſéquence eſſentielle, tirée de la formule générale de l'article précédent. 100

Application de la formule à la ſolution du ſecond cas du premier problême de M. Parent. ibid.

Application de la même formule au ſecond cas du ſecond problême. 101

Application de la même formule au ſecond cas du troiſieme problême. ibid.

Pourquoi l'on ne peut ſe diſpenſer dans bien des occaſions de faire des pompes qui comprennent un eſpace ſuperflu. ibid.

Maxime générale ſur les tuyaux d'aſpiration qui ſont coudés, ou qui repoſent ſur des plans inclinés. 102

Erreur où ſont la plûpart des Ouvriers & des Machiniſtes ſur l'élevation de l'eau dans les pompes aſpirantes. ibid.

Examen d'une pompe que M. Parent *propoſe comme parfaite.* 103

Deſcription d'une pompe qui n'a d'autre eſpace ſuperflu que le vuide cauſé par le trou du piſton. 104

Sur l'épaiſſeur qu'il faut donner aux corps de pompe & aux tuyaux de cuivre & de plomb. *Page* 105.

Le plus grand effort de l'eau dans un tuyau vertical ou incliné ſe fait vers le bas du même tuyau. ibid.

L'eau, pour crever un tuyau, agit toujours ſur deux quarts de cercles contigus, qu'elle tend à ſéparer ſelon des directions paralleles au diametre. 105

L'effort abſolu de l'eau qui agit ſur toute la ſurface d'un tuyau, eſt à l'effort qui tend à le déchirer, comme la circonférence d'un cercle eſt à ſon rayon. 106

Expérience faite ſur la réſiſtance des tuyaux de plomb & de cuivre pleins d'eau. ibid.

Formule générale pour trouver l'épaiſſeur qu'il convient de donner aux tuyaux ſelon leur hauteur & leur diametre. 107

Application de la formule générale à quelques exemples. 108

Trouver l'épaiſſeur qu'il faut donner à un corps de pompe dont on connoît le diametre & la puiſſance qui refoule l'eau. ibid.

Ayant un corps de pompe dont on connoît l'épaiſſeur & le diametre, trouver à quelle hauteur on pourra refouler l'eau. ibid.

Uſage d'une table pour trouver les épaiſſeurs qu'il faut donner aux tuyaux de plomb & de cuivre, ſelon leurs diametres & leurs hauteurs. 109

TABLE contenant les épaiſſeurs des tuyaux de plomb pour différens diametres, juſqu'à 20 pouces, & pour hauteur juſqu'à 400 pieds. *Pag.* 110

Seconde Table contenant les épaiſſeurs des tuyaux de cuivre pour différens diametres, juſqu'à 20 pouces, & pour les hauteurs juſqu'à 400 pieds. 112

Sur les piſtons. 114

La grandeur du trou des piſtons percés, dépend de la quantité d'eau qui doit y paſſer dans un tems déterminé, & du poids dont le piſton eſt chargé. ibid.

Déterminer la grandeur du trou d'un piſton, connoiſſant le poids dont il eſt chargé, & la quantité d'eau qui doit y paſſer dans un tems déterminé. 115

Deſcription d'un piſton percé, plus ſolide & plus parfait qu'on ne les conſtruit ordinairement. ibid.

Détail de la ſoupape dont ce piſton eſt couvert. ibid.

Deſcription d'un piſton plein, d'un fort bon uſage. 117

Deſcription d'un nouveau piſton qui a une propriété ſinguliere. 118

Effet du jeu de ce piſton. 119

Deſcription d'un piſton ſans frottement, nouvellement imaginé. 120

Sur les ſoupapes. 122

Défauts des ſoupapes à coquille. ibid.

Regles pour trouver la proportion qu'il doit y avoir entre le diametre de cette ſoupape & celui du corps de pompe. 123

Les ſoupapes à coquille, lorſqu'elles ſont bien faites, ont le défaut de s'arrêter quelquefois quand les pompes jouent. 124

Cauſe à laquelle on peut attribuer l'interruption des ſoupapes à coquille. 125

Preuve pour montrer la néceſſité de faire le trou des ſoupapes des pompes refoulantes auſſi grand que le cercle des piſtons. ibid.

Lorſqu'une même puiſſance refoule l'eau par des ſoupapes de différentes groſſeurs, les tems de la levée du piſton ſont dans la raiſon réciproque des quarrés des diametres des ſoupapes. 126

Si l'on n'a point ſenti plutôt le défaut des pompes refoulantes, cela vient d'avoir calculé leurs effets dans l'état d'équilibre. 127

Deſcription des ſoupapes coniques & leurs défauts. ibid.

Deſcription des ſoupapes ſphériques & leurs défauts. 128

Deſcription des ſoupapes faites en clapet. ibid.

Deſcription d'une nouvelle ſoupape en clapet à l'uſage des gros tuyaux. 129

Autre ſoupape en clapet, faite de cuivre pour les gros tuyaux. 130.

CHAPITRE

CHAPITRE IV.

Où l'on décrit plusieurs machines pour élever l'eau par le moyen des pompes.

DESCRIPTION d'une pompe domestique pour élever l'eau d'un puits ou d'une citerne. Page 132
Moyen fort simple d'élever l'eau par reprise à une hauteur de 40 ou 50 pieds. 133
Moyen de rendre une pompe aspirante mitoyenne. ibid.
Maniere de faire agir alternativement deux pompes aspirantes. ibid.
Calcul de la machine précédente pour trouver le diametre des pistons, relativement à la puissance & à la hauteur où l'on veut élever l'eau. 134
Estimation de la quantité d'eau que cette machine peut élever par heure. ibid.
Maniere de faire agir deux petites pompes refoulantes pour élever l'eau dans un réservoir. 135
Autre moyen fort simple d'élever l'eau par le moyen des pompes. ibid.
Description d'une machine pour élever l'eau à force de bras, à l'aide des pompes aspirantes & refoulantes. 136
Maniere de faire le calcul de cette machine. ibid.
Description d'une machine exécutée à Sources en Alsace pour élever l'eau par le moyen d'une chûte. 137
Dimensions qui peuvent convenir à cette machine. ibid.
Maniere de faire le calcul de la même machine. 139
Machine proposée par M. Morel *pour produire le même effet que la précédente.* 140
Description d'une machine pour élever l'eau par le moyen des pompes refoulantes, exécutée à Nynphenbourg en Baviere. 141
Les pompes de cette machine sont très-défectueuses. 142
Description & analyse de la machine exécutée au Val-Saint-Pierre. ibid.
Explication du jeu de cette machine. 143
Les ellipses sont préférables aux manivelles. 144
Dimensions du rouet & de ses parties. ibid.
Dimensions des parties de la lanterne. ibid.
Dimensions des ellipses. 145
Dimensions des balanciers. ibid.
Les bras du balancier doivent être dans la raison réciproque du chemin des roulettes & de la levée des pistons. ibid.
Détail des corps de pompe tels qu'ils sont exécutés au Val-Saint-Pierre. ibid.
Ces pompes ne sont point à imiter, ayant le défaut commun à toutes celles de cette espece. 146
Maniere de calculer le produit de cette machine. ibid.
La superficie du cercle des pistons doit être proportionnée à la hauteur où on veut élever l'eau. 147

Regles pour déterminer le diametre des piſtons de cette machine, relativement à la hauteur où on veut élever l'eau. Page 147

Maniere de calculer le produit de cette machine, relativement à la groſſeur des corps de pompe. 148

Lorſque les piſtons refoulent de bas en haut, il faut que les roulettes ſoient oppoſées au-deſſous des ellipſes. ibid.

Le bras de levier qui répond à l'action des ellipſes variant ſans ceſſe, il faut faire le calcul ſur le plus grand qui ſe trouve égal à la différence des deux demi-axes. ibid.

Il y a un inſtant où les ellipſes éprouvent en tournant une réſiſtance plus grande que celle qui naît de la peſanteur abſolue du poids. 149

L'action des ellipſes eſt dans le même cas qu'un plan incliné qu'on introduit ſous un corps pour l'élever. ibid.

Eſtimation de la plus grande réſiſtance que peuvent oppoſer les piſtons de cette machine. ibid.

L'on peut dans le calcul des machines, dont le mouvement ſe communique par de grands bras de levier, négliger l'eſtimation du frottement des pivots & des tourillons. 150

Calcul de la machine du Val-Saint-Pierre, pour connoître le poids de la colonne d'eau que chaque piſton refoulera. ibid.

Maniere de connoître le diametre des piſtons, en ſuppoſant les pompes parfaites. ibid.

Quand cette machine ſera rectifiée, la force moyenne d'un cheval pourra élever quinze muids d'eau par heure à 150 pieds de hauteur. 151

L'on peut déterminer les axes des ellipſes, de maniere qu'elles n'auront jamais à ſurmonter une réſiſtance au-deſſus de la peſanteur abſolue du poids. ibid.

Calcul pour déterminer les axes des ellipſes. ibid.

Pour que les ellipſes ſoient parfaites, il faut que leur petit axe ſoit égal à la médianne du grand, diviſé en moyenne & extrême raiſon. ibid.

La grandeur que nous avons donnée aux axes des ellipſes, approche fort du point de perfection. ibid.

Le chemin de la roulette étant donné, ou la différence des deux axes, déterminer la grandeur des axes dans le cas le plus parfait. 152

Recherches ſur une ellipſe qui, en tournant ſur ſon centre, éleve un poids. *Page* 153

Examen des lignes qui peuvent exprimer la direction du poids, & le bras de levier qui a rapport à l'ellipſe. ibid.

Analogie pour trouver l'expreſſion des mêmes lignes. ibid.

On ne peut parvenir à une expreſſion ſimple de la puiſſance & du bras de levier qui répond au poids, que par une ſuppoſition qui peut être admiſe pour la pratique. 154

Le réſultat du calcul eſt de faire voir que le plus grand bras de levier qui répond à l'ellipſe, eſt égal à la différence de ces deux axes. 155

A quoi ſe réduit le rapport de la peſanteur abſolue à la peſanteur relative du poids. 156

Maniere de déterminer le plus grand angle formé par une tangente & un diametre de l'ellipſe. ibid.

Lorſque l'angle d'un diametre & d'une tangente eſt le plus grand, les coupées correſpondantes ſont dans la même raiſon que les axes. Page 156
Problême nouveau ſur l'ellipſe déduit des calculs précédens. 157

Maniere fort ſimple de faire mouvoir des piſtons par le moyen d'une roue ondée. *Page* 158.

Diſcours de M. de la Hire, *tiré de ſon traité des épicicloïdes.* ibid.
Remarques ſur le diſcours précédent. 161
Examen ſur la maniere dont agit la puiſſance qui fait monter un poids par le moyen de la roue précédente. 162
L'application de la cycloïde pour perfectionner la roue de M. Deſargues, *ne convient nullement.* 163
Deux manieres de ſe ſervir de la même roue pour faire mouvoir des piſtons. 165
Maniere de tracer les ondes de cette roue pour qu'elles ſoient d'un bon uſage. 166
Maniere de connoître le rapport de la puiſſance motrice au poids que la roue éleve. 167
Regle commode pour trouver le diametre des piſtons, relativement à la puiſſance motrice & à la hauteur de la colonne d'eau. 168
Calcul de la quantité d'eau que cette machine peut donner par heure. 169

Deſcription & analyſe de la machine appliquée au Pont Neuf à Paris. 170

Explication des plans, profils & élevations de cette machine. ibid.
Détail des principales parties qui entrent dans le méchaniſme de la même machine. 172
Explication des pieces qui ſervent à élever & baiſſer la roue. 173
Dimenſions des principales parties de la machine. 174
Viteſſe de la roue lorſque la riviere eſt dans ſon état moyen. ibid.
Viteſſe de la riviere dans ſon état moyen. 175
Calcul pour trouver la force de la puiſſance qui fait agir cette machine. ibid.
Examen de la viteſſe que devroit avoir la roue, eu égard à la peſanteur du poids qu'elle éleve. 176
Cette machine ne fournit point à beaucoup près la quantité d'eau qu'elle devroit produire. ibid.
Maniere de trouver le diametre des piſtons qui pourroient convenir à cette machine ſi elle étoit rectifiée. 177
Si cette machine étoit rectifiée, elle pourroit élever le double de l'eau qu'elle fournit dans ſon état actuel. ibid.
La roue de la Samaritaine eſt très-défectueuſe, il faudroit pour la corriger qu'elle n'eût que ſix aubes au lieu de huit. 178
Calcul des frottemens de cette machine. ibid.
Examen des variations de la force reſpective d'un courant ſur la roue. 180
Rapport de la force du courant dans les deux cas extrêmes. 181

La force moyenne d'un courant qui agit sur une roue à six aubes, est égale aux onze douziemes de la plus grande. 182

Maxime qu'il faut suivre dans la construction des machines mues par un courant pour les rendre parfaites. 183

Formules ou regles générales pour déterminer les principales parties d'une machine mue par un courant. 184

Descriptions des pompes pour les incendies. 186

Ordre que l'on observe en Alsace & dans les Pays-Bas pour les incendies. ibid.

Description d'une pompe pour les incendies, exécutée à Strasbourg. 187

Autre pompe pour les incendies, exécutée à Ypres. 188

Nouvelle pompe pour les incendies, exécutée en Hollande. 189

Description d'une pompe pour les incendies, avec laquelle on lance l'eau sans interruption par le mouvement d'un seul piston. 190

Description d'une fontaine artificielle, nommée communément Fontaine Heroniene. 191

Description d'un soufflet pour les grandes forges, par le moyen d'une chûte d'eau. 192

Discours de M. Mariotte *sur les soufflets précédens.* 193

Il y a encore une nouvelle maniere de soufflet, exécutée à une fonderie proche Valenciennes. 194

Description de la Machine de Marly. 195

Mouvement des pistons qui répondent aux puisards. 198

Maniere de manœuvrer les chassis qui portent les pistons. 199

Développement des pompes aspirantes & refoulantes de la machine. ibid.

Description & usage des 14 *roues qui font jouer la machine.* 201

Pompes provisionnelles placées au-dessous du premier puisard. 202

Distribution des pompes de la machine. 203

Capacité des réservoirs de Marly & de Lucienne, avec le produit de la machine. ibid.

CHAPITRE V.

Qui comprend la description & l'analyse de la machine hydraulique appliquée au pont Notre-Dame à Paris; le projet que l'on a exécuté pour la rectifier, afin de la rendre capable de fournir une plus grande abondance d'eau.

Discours préliminaire sur la police qu'observoient les Romains pour la conduite des eaux. 204.

Etablissement de la machine hydraulique appliquée au pont Notre-Dame à Paris. 207

Descriptio de la machine appliquée au pont Notre-Dame. *Pag.* 209

Descriptio d'un équipage du petit mouvement. ibid.
Descriptio d'un équipage du grand mouvement. 210
Les vannes & les roues de cette machine ſe hauſſent & ſe baiſſent par le moyen des crics. ibid.
Le grand rouet reſte toujours au même endroit, quoique l'on hauſſe ou baiſſe ſon axe. 211
Développement particulier des pompes refoulantes d'un équipage. ibid.
Le diametre des corps de pompe n'eſt pas le même dans tous les équipages de cette machine. ibid.
Deſcription de deux équipages de relais, pour ſuppléer à ceux qui viennent à chaumer. 212
Dimenſions des roues à aubes. 213
Viteſſe des piſtons des équipages du petit mouvement par rapport à celle de la roue. ibid.
Viteſſe des piſtons des équipages du grand mouvement. ibid.
Les pompes de cette machine ont trois défauts qui ſont cauſe qu'elle ne fournit pas à beaucoup près la quantité d'eau qu'elle devroit donner. 214
Les défauts précédens contribuent à la deſtruction de la machine. ibid.
Les roues de cette machine font ordinairement deux tours par minute. 215
Quand cette machine ſera rectifiée, elle fournira au moins le double de l'eau qu'elle éleve ordinairement. ibid.
Quand la machine ſera rectifiée, on pourra laiſſer prendre plus de viteſſe aux roues, ſans rien avoir à craindre de la précipitation des frottemens. 216
Expériences par leſquelles on prouve que les roues peuvent faire trois tours par minute. ibid.
La riviere vient ordinairement rencontrer les aubes avec 8 pieds 9 pouces de viteſſe par ſeconde. 217
Quand les roues feront trois tours par minute, leur viteſſe ſera à peu près le tiers de celle du courant. ibid.
La puiſſance appliquée aux roues, eſt de 2308 livres. ibid.
Chaque équipage éleve une colonne d'eau du poids de 1955 livres. 218
Calcul de la force néceſſaire pour mouvoir les deux équipages qui appartiennent à une même roue. ibid.
Calcul par lequel on prouve que quand les pompes ſeront rectifiées, elles éleveront au moins 200 pouces d'eau. 219
Les roues qui ſont à cette machine ſeroient bien plus parfaites, ſi elles n'avoient que ſix aubes au lieu de huit. ibid.

Explication des nouvelles pompes qu'on a exécuté pour rectifier la machine appliquée au pont Notre-Dame. 220

Développement d'une nouvelle ſoupape. ibid.
Le centre de mouvement de cette ſoupape eſt éloigné de ſon centre de grandeur de la douzieme partie de ſon diametre. 221
Cette ſoupape a un bras de levier égal à la douzieme partie de ſon diametre. ibid.

Les rebords des ſegmens de cette ſoupape ſont dans un ſens oppoſé. Page 221
Explication du jeu de cette ſoupape. ibid.
Explication des figures qui facilitent l'intelligence des nouveaux corps de pompes. 222
Conditions qui peuvent rendre un piſton accompli. 223
Deſcription d'un nouveau piſton refoulant, fait ſelon les conditions précédentes. ibid.
Deſcription d'un piſton aſpirant, conditionné comme le précédent. 224
Les meſures qui déterminent les parties de la ſoupape & des piſtons précédens, ſont priſes ſur le diametre du corps de pompe. 225
Maniere de tracer les corps de pompes, leurs chapiteaux & le récipient. ibid.
Diſpoſition qu'il faut donner aux nouvelles pompes, lorſque les piſtons refoulent de haut en bas. 226
Les pompes pour les incendies devroient être faites dans le goût de celles de l'article précédent. 228
Explication des nouvelles pompes pour rectifier celles de la Samaritaine. ibid.

Devis des nouvelles pompes pour la rectification de la machine appliquée au pont Notre-Dame à Paris. *ibid.*

LIVRE QUATRIEME.

Qui comprend la Deſcription de pluſieurs belles Machines pour élever l'eau ; la maniere de la conduire & de la diſtribuer aux fontaines publiques, de la faire jaillir dans les jardins de plaiſance, de la conſerver dans les réſervoirs & baſſins.

CHAPITRE PREMIER.

Où l'on donne pluſieurs moyens pour élever auſſi haut que l'on voudra l'eau d'une chûte au-deſſus de ſon niveau.

Discours préliminaire, ſervant de ſuite au projet développé dans le Chapitre précédent. 235
Nouvelle machine imaginée par l'Auteur, en cherchant la maniere de faire monter l'eau à l'Eſtrapade. 237
Remarque ſur l'action d'une chûte d'eau appliquée à une machine. ibid.
Quand on a une ſource à mi-côte, ou vers le pied d'une montagne, on peut, moyennant cette machine, faire monter au ſommet une partie des eaux de la ſource. 238
La même machine peut auſſi ſervir dans une ville à faire monter l'eau aux

quartiers, dont le rez-de-chauſſée ſeroit plus élevé que la ſource qui fournit aux fontaines publiques. Page 238

On peut ſe ſervir des eaux d'une fontaine particuliere, pour en faire monter dans un quartier ſupérieur à cette fontaine. 239

Idée générale de cette machine appliquée au cas précédent. ibid.

L'eau des cuvettes du pont Notre Dame étant conduite à la fontaine ſaint Benoît, une partie peut de-là être élevée ſur l'Eſtrapade par l'action de la même machine. ibid.

Deſcription & analyſe d'une nouvelle machine, pour élever l'eau d'une chûte au-deſſus de ſa ſource. 240

Explication des principales parties de cette machine. ibid.

Idée générale d'un nouveau robinet, d'où dépend le jeu de cette machine. ibid.

Développement des parties du même robinet. ibid.

Explication de ce qui appartient au petit corps de pompe. 241

Développement des piſtons de cette machine. ibid.

Le frottement de ces piſtons eſt ſoulagé par des roulettes, qui en facilitent le mouvement. 242

Explication du jeu de cette machine. ibid.

Deſcription du régulateur qui donne le mouvement au robinet. 243

De quelle maniere les piſtons font jouer le régulateur. 244

Preuve de l'exactitude du mouvement du régulateur. 245

L'action du régulateur fera faire exactement au robinet deux parts de révolutions oppoſées. 246

Les dimenſions de cette machine dépendent de cinq choſes principales. ibid.

Quelles ſont les meſures que l'on doit ſuivre pour conſtruire cette machine dans le cas où l'on voudroit faire monter l'eau d'une fontaine dans une cuvette beaucoup plus élevée que la ſienne. ibid.

Le gros piſton de cette machine n'eſt pouſſé par l'eau de la chûte qu'avec une force relative. 247

Les cercles du gros & du petit piſton doivent être dans la raiſon réciproque de la chûte réduite, & de la hauteur où on veut élever l'eau. ibid.

La quantité d'eau qui montera, eſt à celle qui pouſſe le gros piſton réciproquement comme la hauteur où on veut élever l'eau, eſt à celle de la chûte réduite. ibid.

Rapport de la dépenſe totale de la ſource, à la quantité d'eau qui montera. 248

Le diametre du gros piſton étant donné, trouver celui du petit. ibid.

La machine exécutée ſelon ce qui précede, élevera à 50 pieds douze muids d'eau par heure. ibid.

Il faut que la vîteſſe des piſtons ſoit réglée ſur le tems qu'il faudra au gros corps de pompe pour ſe vuider. ibid.

Preuve pour faire voir que l'eau qui doit s'évacuer du gros corps de pompe, ne ſera point un obſtacle au jeu du piſton. 249

L'action de la chûte précipitera l'évacuation du gros corps de pompe. ibid.

Preuve pour faire voir que le jeu de la machine ne ſera point retardé par aucun obſtacle. Page 249

Le mouvement de la machine ſera bien réglé, quand le régulateur fera 24 vibrations par minute. 250

La chûte doit être meſurée depuis l'axe des piſtons juſqu'au fond de la cuvette. ibid.

L'on peut, en faiſant un tuyau coudé, qui aboutiſſe au petit corps de pompe, refouler l'eau le long d'un plan incliné, ſi on n'a pas la commodité de l'élever verticalement. ibid.

Il faut un tuyau de décharge pour conduire l'eau de la ſource dans la cuvette inférieure, quand on veut arrêter la machine. ibid.

Les dimenſions des parties de cette machine, de même que les épaiſſeurs des pieces de fonte & de fer qui la compoſent, ſe trouveront avec le ſecours des échelles. 251

L'on peut, dans un même endroit, faire jouer pluſieurs machines telles que celle-ci, pour élever enſemble une plus grande quantité d'eau. ibid.

Réflexion ſur le ſentiment qu'on pourra avoir de cette machine. ibid.

Diſcours ſur la machine imaginée par Meſſieurs Deniſard & de la Dueille, *& le jugement que l'Académie Royale des Sciences en a porté.* 251 & 252

Deſcription de la machine inventée par Meſſieurs *Deniſard & de la Dueille.* *ibid.*

Deſcription de cette machine, telle que les Auteurs l'ont donnée. ibid.

Explication des ſoupapes employées dans cette machine. 253

A quoi ſe réduit le jeu de la même machine. ibid.

Obſervations ſur les dimenſions qu'il faut donner aux piſtons par rapport à la hauteur de la chûte, & à celle où on veut élever l'eau. 254

Nouvelle diſpoſition que les Auteurs ont donnée aux parties de la machine, pour la rendre capable de faire monter l'eau continuellement. ibid.

Deſcription de la machine à chapelets, imaginée par M. *Francini.* 256

Quelle doit être la figure & la diſpoſition des godets du grand & du petit chapelet. ibid.

Explication du jeu de cette machine. 257

Le rapport de la capacité des godets du grand & du petit chapelet, doit ſe régler ſur celui qui eſt entre la chûte & la hauteur où on veut élever l'eau. ibid.

Autre maniere d'élever une partie de l'eau d'une ſource quand on a une chûte. 258

Explication du jeu de cette machine. 259

De quelle maniere on peut faire que l'eau monte plus haut que la chûte. ibid.

Meſſieurs de la Société Royale de Londres envoient à l'Auteur la machine de M. Bucker. 260

Deſcription

Deſcription de la machine rectifiée en Angleterre par M. *Bucket*. Pag. 260
Explication du jeu de cette machine. 262
Concluſions ſur ce qui regarde cette machine. 264

CHAPITRE II.

De l'action de l'eau dans les tuyaux de conduite.

L'EAU qui eſt conduite dans un ſiphon ne peut entrer par une branche & ſortir par l'autre, que l'orifice de la premiere ne ſoit plus élevé que celui de la ſeconde. 265
A quoi il faut avoir égard quand on veut conduire l'eau par des tuyaux. ibid.
Formule pour connoître la dépenſe d'un tuyau dont on a le diametre & la vîteſſe de l'eau. ibid.
Connoiſſant le diametre & la dépenſe d'un tuyau, trouver la vîteſſe de l'eau; enſuite connoiſſant la dépenſe & la vîteſſe de l'eau, trouver le diametre du tuyau. 266
Explication de la figure relative à la théorie ſuivante. ibid.
Formule pour déterminer le rapport qu'il doit y avoir entre les branches de chaſſe & de ſuite, relativement à la dépenſe du tuyau. ibid.
Connoiſſant la hauteur des branches de chaſſe & de ſuite, trouver la vîteſſe de l'eau que dépenſera cette derniere. 267
Connoiſſant la vîteſſe de l'eau à la ſortie de la branche de ſuite, & la hauteur de cette branche, trouver celle de la branche de chaſſe. ibid.
Les hauteurs des branches de chaſſe & de ſuite doivent avoir entr'elles un certain rapport déterminé, pour que le tuyau de conduite éleve le plus d'eau à la plus grande hauteur. ibid.
Pour que la plus grande hauteur réponde à la plus grande dépenſe, il faut que la hauteur de la branche de ſuite ne ſoit que les quatre neuviemes de celle de chaſſe. 268
Quand la plus grande hauteur répond à la plus grande dépenſe, cette dépenſe n'eſt que le tiers de celle de la ſource. ibid.
Connoiſſant la depenſe d'une ſource, la chûte & le diametre du tuyau de conduite, ſavoir à quelle hauteur toute l'eau peut être élevée. ibid.
Connoiſſant la hauteur où l'eau doit être élevée, & ſa vîteſſe à la ſortie de la branche de ſuite, on demande la hauteur de la branche de chaſſe. 269
Les branches de chaſſe & de ſuite étant données, & le diametre du tuyau de conduite, on demande quelle pourroit être la dépenſe de ce tuyau. ibid.
Connoiſſant la hauteur des branches de chaſſe & de ſuite, & la dépenſe de la ſource, on demande quel doit être le diametre du tuyau de conduite, pour qu'il ſoit capable de la dépenſe donnée. 270
Attention qu'il faut avoir dans la pratique, pour que les regles précédentes ayent lieu. ibid.
Remarques ſur l'action de l'eau qui coule dans des tuyaux de conduite. ibid.

Quelle eſt la nature des frottemens de l'eau dans les tuyaux de conduite. Page 271

Les frottemens de l'eau dans les tuyaux, en retardent la vîteſſe, ſelon l'ordre des termes d'une progreſſion arithmétique. 272

Formule pour trouver la vîteſſe retardée de l'eau dans les tuyaux de conduite. ibid.

Dans une conduite extrêmement longue, les frottemens pourroient altérer la vîteſſe de l'eau, juſqu'à la rendre nulle. 273

La vîteſſe de l'eau peut être encore beaucoup retardée par les coudes & les caſcades qui ſe rencontrent dans les conduites. Expérience de M. Couplet *ſur ce ſujet.* 274

Ceux qui ont écrit ſur le mouvement des eaux, ſe ſont trompés, en exprimant la vîteſſe de celle qui devoit couler dans les tuyaux de conduite, par la racine quarrée de la hauteur de la charge. ibid.

On mérite plus d'excuſe que de blâme, lorſqu'on ſe trompe ſur des ſujets qui ne ſont pas de pure Géométrie, & quand on ne fait que ſuivre ce qui a déja été établi par des Auteurs célebres. 275

Extrait du Mémoire de M. Couplet *ſur la meſure des eaux.* ibid.

Expériences de M. *Couplet* ſur la meſure des eaux qui coulent dans des tuyaux de conduite. 277

Détail des nivellemens qui appartiennent au premier profil. ibid.

Premiere expérience au ſujet du premier profil. 279

Seconde expérience ſur le même. 280

Troiſieme expérience ſur le même. ibid.

Réſultats des expériences précédentes. ibid.

Analogies, calculs & conſéquences de M. Couplet, *au ſujet de la premiere expérience.* 282

Remarques ſur les expériences faites au ſujet du premier profil. 283

Examen de la maniere dont la premiere expérience a été faite. ibid.

Calculs par leſquels l'on trouve que pour la premiere expérience, la dépenſe effective doit être à la dépenſe naturelle, comme 4 eſt à 13, & non pas comme 1 eſt à 30. 284

Calcul pour la ſeconde expérience, d'où l'on déduit que la dépenſe effective eſt à la dépenſe naturelle, comme 5 eſt à 24. 285

Calcul pour la troiſieme expérience, où l'on trouve que la dépenſe effective eſt à la dépenſe naturelle, comme 1 eſt à 5. ibid.

Détail du nivellement relatif au ſecond profil. 286

Premiere expérience au ſujet du ſecond profil. ibid.

Seconde expérience ſur le même. 287

Concluſion des deux expériences précédentes. ibid.

Réſultats des calculs de M. Couplet, *ſur les mêmes expériences.* ibid.

Réflexions ſur les obſtacles que l'eau rencontre dans les tuyaux de conduite. 288

Remarques ſur les expériences du ſecond profil. *ibid.*

Calcul par lequel on trouve que dans la premiere expérience du ſecond profil,

la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 12 est à 11 ; ce qui rend cette expérience susceptible d'erreur. Page 288

Calcul de la seconde expérience, par lequel on trouve que dans la premiere expérience du second profil, la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 42 est à 43. 289

Réflexions sur la cause d'une aussi petite différence. ibid.

Détail des nivellemens du troisieme profil. 290

Premiere expérience sur le troisieme profil. 293

Seconde expérience sur le même. ibid.

Troisieme expérience sur le même. ibid.

Quatrieme expérience sur le même. 294

Cinquieme expérience sur le même. ibid.

Sixieme & septieme expériences sur le même. ibid.

Observations sur les expériences précédentes. 295

Remarques sur les expériences qui appartiennent au troisieme profil. *ibid.*

Calcul sur la premiere expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 1 est à 2. ibid.

Calcul sur la seconde expérience, qui montre que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 5 est à 6. 296

Calcul sur la troisieme expérience, d'où l'on déduit que la dépense naturelle est à la dépense effective, comme 11 est à 17. ibid.

Calcul de la quatrieme expérience, qui donne le rapport de 9 à 16 pour celui de la dépense effective à la dépense naturelle. 297

Calcul de la cinquieme expérience, d'où l'on déduit que la dépense naturelle est à la dépense effective, comme 5 est à 9. ibid.

Le calcul de la sixieme expérience donne le même résultat que celui de la premiere, parce que les vîtesses de l'eau se trouvent égales. 298

La septieme expérience n'étant qu'une répétition de la premiere, le résultat en est encore le même. ibid.

Détail du nivellement du quatrieme profil. ibid.

La charge pour les expériences qui ont été faites sur ce profil, étoit de 12 pieds 1 pouce 3 lignes. 299

Expérience faite sous la charge précédente, avec un tuyau de 18 pouces de diametre. ibid.

Autre expérience faite sous la même charge, d'où l'on déduit la dépense d'un tuyau de 12 pouces de diametre. 300

Remarques sur les expériences qui appartiennent au quatrieme profil. *ibid.*

Résultat du calcul de M. Couplet, *sur la premiere expérience du quatrieme profil.* ibid.

Calcul sur la premiere expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle comme 7 est à 18, & non pas comme 934 est à 5004. 301

Calcul de la seconde expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 7 est à 11. ibid.

Détail des nivellemens du cinquieme profil. 302

Premiere expérience faite sur la conduite du cinquieme profil. Page 304
Seconde expérience faite sur la même conduite. 305
Observations sur la conduite du cinquieme profil. ibid.
Effet singulier de l'air cantonné dans les tuyaux de conduite. 306

Remarques sur les expériences qui appartiennent au cinquieme profil. *ibid.*

Calcul sur la premiere expérience, d'où il résulte que la dépense effective est à la dépense naturelle dans le rapport de 11 *à* 18. ibid.
Calcul pour la seconde expérience, d'où il résulte que la dépense effective est à la dépense naturelle dans le rapport de 3 *à* 19. 307
Raison qui fait voir pourquoi le déchet est plus grand dans la seconde expérience que dans la premiere. ibid.

CHAPITRE III.

Des machines pour tirer l'eau des puits fort profonds, principalement de celles qui sont mues par l'action du feu.

ORIGINE des machines à feu, selon M. Papin. 308
M. Saveri *est un des premiers qui ait travaillé sur cette matiere, de l'aveu même de M.* Papin. 309
La machine de M. Saveri *est incomparablement plus parfaite que celle de M.* Papin. ibid.
M. Amontons *a aussi travaillé au moyen de se servir du feu, pour faire agir des machines.* 310
Discours de M. Amontons, *qui prouve qu'avant le commencement de ce siecle on ne s'étoit point encore servi du feu avec succès, pour faire agir des machines.* ibid.
M. Saveri *est le premier qui soit parvenu à faire jouer régulierement une machine par le moyen du feu; & on ne peut disputer aux Anglois le mérite de cette invention.* ibid.
Idée générale du méchanisme des machines à feu. 311
Explication du balancier, qui fait une des principales parties de la machine. 312
Le balancier est accompagné de deux petites jantes, dont l'une fait agir le régulateur avec le robinet d'injection, & l'autre une pompe refoulante. ibid.
Explication des pompes aspirantes qui élevent successivement l'eau du puits. 313
Situation du balancier lorsque la machine ne joue pas. ibid.
Le mouvement du balancier est limité par des chevrons à ressorts qui en amortissent la violence. ibid.
Description du cylindre avec ses dimensions. 314
La surface du cylindre est percée de deux trous opposés pour deux causes essentielles. ibid.
Description du fond du cylindre. ibid.

L'eau provenant d'injection s'évacue par le fond du cylindre. Page 314
Deſcription du piſton qui joue dans le cylindre. 315
De quelle maniere l'eau de la cuvette d'injection s'introduit dans le cylindre. ibid.
Deſcription de la chaudiere qui compoſe le fond de l'alambic. ibid.
Deſcription du chapiteau de l'alambic. ibid.
Explication des parties qui appartiennent au régulateur. 316
Situation de l'alambic & du fourneau dans le bâtiment qui renferme la machine. ibid.
Au-deſſus du chapiteau de l'alambic eſt une ventouſe pour laiſſer échapper la vapeur quand elle eſt trop forte. 317
Uſage de deux tuyaux pour éprouver la hauteur de l'eau dans l'alambic. ibid.
De quelle maniere on évacue la vapeur de l'alambic pour arrêter la machine. 318
Uſage d'un réſervoir proviſionnel pour fournir de l'eau à l'alambic. ibid.
De quelle maniere l'eau d'injection ſort du cylindre. ibid.
Une partie de l'eau d'injection paſſe dans l'alambic pour ſuppléer au déchet que cauſe la vapeur. 319
De quelle maniere ſe fait cette opération. ibid.
On peut auſſi introduire dans l'alambic de l'eau de la coupe. ibid.
Détail des pieces qui font jouer le régulateur. 320
De quelle maniere le mouvement ſe communique au régulateur. ibid.
Détail des pieces qui appartiennent au robinet d'injection. 321
Explication du mouvement qui fait agir le robinet d'injection. ibid.
Concluſion ſur le jeu du régulateur, & celui du robinet d'injection. ibid.
Explication de la manœuvre que l'on exécute pour commencer à faire jouer la machine. 322
Le mouvement de la machine doit être réglé, de maniere qu'elle ne produiſe que 15 impulſions par minute. ibid.
Conjecture ſur la maniere dont ſe forme la vapeur. ibid.
Expériences de M. Deſaguliers, *ſur la force de la vapeur de l'eau bouillante.* 323
Calcul de la puiſſance qui fait agir cette machine. ibid.
La puiſſance doit être au poids, comme 6 eſt à 5, pour prévenir tout inconvénient. 324
Quand la machine produit 15 impulſions par minute, elle épuiſe 155 muids d'eau par heure, élevée à 46 toiſes. ibid.
Cette machine produit quatre fois plus d'effet que 50 chevaux dirigés par 20 hommes appliqués à une machine ordinaire. ibid.
Quelle eſt la quantité de charbon ou de bois pour l'entretien du fourneau pendant 24 heures. ibid.
Concluſion ſur l'excellence de cette machine. ibid.
Cette machine peut auſſi ſervir à élever l'eau auſſi haut que l'on voudra au-deſſus de l'horiſon. 325
La théorie des machines à feu, à l'égard du calcul de leurs effets, eſt la même que celle des pompes mues par un courant. ibid.

Formule générale pour déterminer les dimenſions des principales parties des machines à feu. Page 325

On peut rendre la formule précédente plus ſimple pour les principaux cas où l'on en peut faire uſage. 326

Déterminer le diametre du cylindre, en connoiſſant celui du piſton des pompes, & la hauteur où on veut élever l'eau. 327

Trouver le diametre des pompes, en connoiſſant la hauteur où elles doivent élever l'eau, & le diametre du cylindre. ibid.

Le diametre du cylindre étant donné & celui des pompes, connoître la hauteur où l'eau pourra être élevée. ibid.

La grandeur du récipient doit être proportionnée à la groſſeur du cylindre, afin d'avoir une quantité de vapeur ſuffiſante pour le jeu de la machine. ibid.

La machine de M. Papin, *quoiqu'inférieure à celle de M.* Saveri, *peut avoir ſon utilité en la perfectionnant.* 328

Deſcription de la machine de M. Papin. ibid.

Explication du jeu de cette machine. 329

Explication du puits par lequel on tire le charbon des mines de Freſnes. 331

Les chevaux qui élevent le charbon, peuvent auſſi en même tems épuiſer les eaux de la mine. ibid.

Autre maniere de faire mouvoir des pompes placées dans un puits. 332

On peut ſe ſervir de la force d'un courant pour épuiſer l'eau des mines. ibid.

Maniere de tirer l'eau des puits domeſtiques, exécutée au château Darès. ibid.

Autre maniere plus ſimple en uſage dans les Pays-Bas. 333

Deſcription d'une machine pour le même uſage, exécutée au château de Guiſe. ibid.

Application du tympan pour tirer l'eau d'un puits. 334

Deſcription de la machine dont on ſe ſert proche d'Angers, pour épuiſer l'eau des carrieres d'ardoiſes. ibid.

Machine pour tirer l'eau d'un puits, exécutée à Saint-Quentin. 335

De quelle maniere on tire en Eſpagne l'eau des puits pour arroſer les jardins. ibid.

Deſcription d'un moulin à chapelet pour tirer l'eau des puits. 336

Deſcription d'une machine mue par un poids pour élever l'eau avec un chapelet. ibid.

De quelle maniere on peut ſe ſervir des pompes aſpirantes & refoulantes pour élever l'eau d'un puits beaucoup au-deſſus du rez-de-chauſſée. 337

CHAPITRE IV.

De la recherche, conduite & diſtribution des eaux.

OPINIONS des Philoſophes ſur l'origine des fontaines. 339

La cauſe des fontaines eſt attribuée avec beaucoup de vraiſemblance aux eaux de pluie, & à la fonte des neiges. ibid.

Remarques de M. Mariotte *pour confirmer cette opinion.* 340

Expérience de M. le Maréchal de Vauban *ſur ce ſujet.* Page 340
Dans quel tems il faut faire la recherche des eaux ſouterreines, & la maniere de découvrir les ſources. ibid.
Diſcours ſur la baguette divinatoire. 341
Jacques Aimar *a beaucoup contribué à donner du crédit à la baguette.* 342
Jacques Aimar *eſt pris pour dupe par MM. de l'Académie Royale des Sciences, qui le convainquent de ſon impoſture.* 343
Vertu ſinguliere qu'on prétend qu'a eu la baguette entre les mains d'une fille de Grenoble. ibid.
Maniere de tenir la baguette pour la faire tourner à ſouhait, en quelqu'endroit que ce ſoit. 344
Explication phyſique des vertus de la baguette, par le Pere Regnault, *Jéſuite.* 345
Hiſtoire d'une dent d'or qui a fait beaucoup de bruit en Allemagne pendant pluſieurs années, & qu'on peut mettre au nombre des merveilles que l'on débite ſur la baguette. ibid.
Il ſeroit à ſouhaiter qu'on écrivît l'hiſtoire des préjugés vulgaires, pour faire revenir le Public des erreurs que cauſe l'amour du merveilleux. 346
Pluſieurs manieres de connoître les bonnes & les mauvaiſes qualités de l'eau. ibid.
Maniere de raſſembler les eaux de ſources par des tranchées de recherches. 347
Conſtruction de pierrées, ſervant à recevoir & à conduire les eaux des ſources. ibid.
Il faut pratiquer des puiſards de diſtance en diſtance dans le fond des tranchées, pour purifier l'eau. 348
Après avoir pouſſé le canal de pierrée auſſi loin que vont les filtrations, l'on continue la conduite avec des tuyaux. ibid.
Maniere de ſe ſervir des tuyaux de bois. 349
Maniere de ſe ſervir des tuyaux de grès. ibid.
Uſage des tuyaux de fer. 350
Epaiſſeur des mêmes tuyaux, leur poids & leur prix par toiſe, ſelon leur diametre. 351
Il faut le long des conduites pratiquer des regards & des ventouſes. 352
Il s'engendre des racines dans les tuyaux, & il s'y forme des pétrifications. Moyens de remédier à ces inconvéniens. 353
Il y a des occaſions où on ne peut ſe diſpenſer de loger les tuyaux dans des aqueducs ſouterreins. ibid.
Deſcription de l'aqueduc d'Arcueil. 354
Deſcription de l'aqueduc de Rocquancourt. ibid.
Des aqueducs élevés par arcades, entr'autres de celui de Maintenon, & de celui qui eſt élevé dans la plaine de Bue. 355
Quelle eſt la moindre pente que l'on peut donner aux rigoles. ibid.
De la maniere de conduire la pente des rigoles. 356

De la maniere de conduire & de diriger les eaux aux différens quartiers d'une Ville. 357

Il convient de raſſembler toutes les eaux dans un même endroit, pour en faire

la diſtribution générale. Page 357
Attentions qu'il faut avoir pour ſoutenir les eaux à la plus grande hauteur qu'il eſt poſſible. ibid.
Deſcription des cuvettes du château d'eau de la machine appliquée au pont Notre-Dame. 358
Diſtribution générale des eaux qui partent du château d'eau du pont Notre-Dame. 359
Explication des cuvettes particulieres qui conviennent aux fontaines publiques. 360
L'eau de chaque fontaine doit être reçue dans un réſervoir, avant ſa ſortie pour le Public. 361
De quelle maniere on fait jaillir, quand on veut, l'eau d'une fontaine pour la recevoir en dehors de la cage. 362
Diſpoſition de la décharge de ſuperficie. ibid.
De quelle maniere les tuyaux deſcendans ſe partagent à la ſortie de la fontaine. 363
Dans les grandes villes, il faut, lorſqu'on veut élever l'eau d'une riviere, avoir deux machines ſéparées, dont l'une puiſſe agir au défaut de l'autre, & que les fontaines puiſſent donner de l'eau réciproquement. ibid.
Pluſieurs fontaines à Paris reçoivent indifféremment de l'eau de ſource, & de l'eau de riviere. 364
Deſcription d'une cuvette propre à cet uſage. ibid.
Précautions qu'il faut prendre pour ſituer avantageuſement les fontaines publiques. ibid.
De quelle maniere les cuvettes des fontaines doivent être conditionnées pour diſtribuer commodément les eaux. 365
Diſſertation ſur le pouce d'eau des Fontainiers. 366
Expérience de M. Mariotte, *par laquelle il a voulu déterminer la valeur du pouce d'eau.* 367
La valeur du pouce d'eau n'a point encore été fixée par aucune loi ni ordonnance; il ſeroit à ſouhaiter qu'on ſût à quoi s'en tenir. 368
De quelle maniere on diſtribue dans Paris l'eau des fontaines publiques. Inconvéniens de la méthode qui eſt en uſage à cet égard. ibid.
Le pouce d'eau, eſtimé de 14 pintes, n'eſt pas commode pour les petites jauges. Quelle eſt la valeur qui lui conviendroit le mieux. 369
Inconvéniens de changer la valeur du pouce d'eau. 370
Les dépenſes des jauges circulaires ne ſont pas dans la raiſon des quarrés de leur diametre. 371
Inconvéniens des jauges circulaires dont les centres ſont placés ſur une même ligne horiſontale. ibid.
De quelque maniere que l'on ſitue les jauges circulaires, leurs dépenſes ne ſeront jamais proportionnelles aux quarrés de leur diametre. 372
La ſeule maniere de bien faire les jauges, eſt de leur donner une figure rectangulaire. ibid.
Quelle eſt la charge & les dimenſions qu'il convient de donner à une jauge rectangulaire pour dépenſer un pouce d'eau. 373
Preuve pour faire voir qu'un pertuis vertical de 3 pouces de baſe ſur 4 lignes

gnes de hauteur, dépensera un pouce d'eau lorsque son niveau sera un peu au-dessus du bord supérieur. Page 373

Maniere de déterminer la grandeur des jauges dont la dépense est moindre que celle d'un pouce. ibid.

La grandeur des jauges ne peut être déterminée exactement que par des expériences. 374

Il faut que les petites jauges soient éloignées des grandes, pour que la dépense des premieres ne soit point altérée. ibid.

Les jauges rectangulaires doivent être fermées avec de petites vannes à coulisse. 375

A quelle hauteur au-dessus du fond des cuvettes les jauges doivent être pratiquées. ibid.

Il faut dans les fontaines publiques établir les cuvettes à la plus grande hauteur qu'il est possible. ibid.

Maniere de déterminer par le calcul l'élevation des cuvettes par rapport à celle de la source. 376

De quelle maniere on peut par des experiences trouver la véritable élevation des cuvettes, pour que la dépense effective soit égale à la dépense naturelle. ibid.

Il est essentiel de faire les tuyaux de conduite plus gros qu'ils ne devroient être, pour avoir égard aux nouvelles fontaines qu'on voudroit construire dans la suite des tems. ibid.

Maniere de bien construire les réservoirs destinés aux fontaines publiques. ibid.

Les réservoirs qui sont soutenus en l'air doivent être isolés & entretenus par une carcasse de charpente. 378

Fabrique des tuyaux de plomb, & leur préférence à ceux de fer, lorsqu'ils sont employés sous le pavé des rues. ibid.

Il convient que les villes aient des moules en propre pour la construction des tuyaux de plomb. 379

De 50 toises en 50 toises, il faut faire des regards, robinets, & puisards le long des conduites. 380

Maniere de découvrir les fautes des conduites, lorsqu'il n'en paroît pas de signes extérieurs. 381

Quand les tuyaux de conduite suivent des pentes & contre-pentes, il les faut accompagner de ventouses. 382

Indépendamment des regards qu'il faut pratiquer dans les lieux bas, il convient d'en avoir aussi au sommet des pentes, d'où l'on puisse tirer de l'eau pour éteindre les incendies. ibid.

Ordre que l'on doit observer pour faire un bon usage des regards & robinets destinés aux incendies. 383

Les réservoirs qui sont dans les maisons des concessionnaires, peuvent être d'un grand secours pour éteindre les incendies. 384

A Paris les eaux sont divisées en deux départemens séparés, l'un pour celles des maisons royales, & l'autre pour celles du Public. ibid.

Maximes générales sur ce qui peut appartenir à la conduite des eaux publiques. 385

Il eſt peu de gens capables de bien diriger les ouvrages qui ont rapport aux eaux publiques. Page 386
Diſcours préliminaire ſur la décoration des fontaines publiques. ibid.
Les ſituations différentes qui conviennent aux fontaines publiques, ſe réduiſent à trois. 387
Explication des façades de trois fontaines exécutées à Paris. ibid.
Explication des trois nouveaux deſſeins pour la décoration des fontaines publiques, convenables aux ſituations précédentes. ibid.
On peut éloigner, autant qu'on le jugera néceſſaire, la façade des fontaines de la cage où ſeront renfermés la cuvette de diſtribution & les tuyaux deſcendans. 388

CHAPITRE V.

De la maniere de diſtribuer & de diriger les eaux jailliſſantes pour la décoration des jardins.

Discours préliminaire ſur la décoration des jardins de plaiſance. 389
Quelles ſont les principales pieces d'eau qui peuvent entrer dans la décoration des jardins. ibid.
Quelle eſt la meilleure ſituation qu'on peut donner aux jets d'eau. 390
De la grandeur qu'il convient de donner aux baſſins. ibid.
Définition des gerbes d'eau. 391
Deſcription de pluſieurs baſſins du jardin de Verſailles. ibid.
Des nappes d'eau, & de leur dépenſe. 392
Définition des fontaines pour la décoration des jardins. ibid.
Définition des champignons d'eau. 393
Définition des buffets d'eau. ibid.
Définition des berceaux d'eau. 394
Definition des arbres. ibid.
Definition des caſcades. ibid.
Expoſition des caſcades des jardins de Saint-Cloud & de Sceaux. 395
On fait un palier dans le milieu des grandes caſcades, lorſqu'elles ont beaucoup de hauteur. ibid.
On accompagne les caſcades d'un grand nombre de petits jets d'eau. ibid.
Emplacement des caſcades. 396
Définition des arcs de triomphe & pyramides d'eau. ibid.
Définition des théatres d'eau. 397
Théatre & grotte d'eau exécutés à Freſcati, *ſuperbe palais près de Rome.* ibid.
Courte deſcription des pieces d'eau d'un magnifique jardin près de Caſſel en Allemagne. ibid.
Concluſions ſur les différens morceaux qui peuvent convenir à la décoration des jardins. 398
Les jets d'eau ne vont point à la hauteur de leur réſervoir. 399
Les défauts des jets ſont dans la raiſon des quarrés des hauteurs des mêmes jets. Expérience ſur ce ſujet. ibid.

La hauteur d'un jet étant donnée, trouver celle de ſon réſervoir. Page 399
Table pour la hauteur des jets & des réſervoirs. ibid.
Théorie pour le calcul de la quatrieme colonne de la table. 400
Remarque où l'on fait voir que la regle, pour le défaut des jets, n'a pas lieu dans toutes ſortes de cas. ibid.
Exemple relatif à l'article précédent. ibid.
Pourquoi il faut que le diametre de l'ajutage ſoit beaucoup plus petit que celui de la conduite. 401

Premiere Table. De la hauteur des jets d'eau, relativement à celle de leurs réſervoirs. 402

Expérience de M. Mariotte *ſur la dépenſe des jets d'eau relativement à la hauteur du réſervoir, aux diametres de la conduite & de l'ajutage.* 403
Maniere de déterminer le diametre des ajutages, eu égard à la dépenſe du jet. ibid.
Uſage d'une table pour connoître la dépenſe des jets, eu égard à la hauteur de leurs réſervoirs. 404
Connoiſſant la hauteur du réſervoir & le diametre de l'ajutage, trouver la dépenſe du jet. ibid.
Connoiſſant le diametre de l'ajutage & la dépenſe du jet, trouver ſa hauteur. 405
Quand les tuyaux de conduite ſont trop étroits, les jets ne dépenſent pas ſelon la proportion de la hauteur de leurs réſervoirs. ibid.
Connoiſſant la hauteur d'un jet & le diametre de ſon ajutage, trouver ce qu'il dépenſe. ibid.
Il faut que les quarrés des diametres des tuyaux de conduite ſoient entr'eux comme les racines des hauteurs du réſervoir. ibid.

Seconde Table, qui comprend la dépenſe en pintes des jets d'eau par minute. 406

Suite de la Table pour la dépenſe des jets d'eau. 407 & 408

Maniere de déterminer les diametres des tuyaux de conduite, eu égard à la dépenſe des jets. 409
Uſage d'une table pour la proportion des diametres des tuyaux de conduite. ibid.
Connoiſſant la hauteur du réſervoir & le diametre de l'ajutage, trouver celui du tuyau de conduite. ibid.
La hauteur du réſervoir étant donnée & le diametre du tuyau de conduite, trouver celui de l'ajutage. ibid.

Troiſieme Table, qui comprend les diametres des tuyaux de conduite & ceux des ajutages, relativement à la hauteur des réſervoirs. 410

Connoiſſant la hauteur d'un jet & le diametre de ſon ajutage, trouver celui du tuyau de conduite. 411
Maniere de faire uſage des trois tables à la fois. ibid.

De la figure la plus avantageuſe qu'il convient de donner aux ajutages. Page 412

Des rameaux ou branches qui aboutiſſent à une conduite principale. 413

Maniere de tirer pluſieurs rameaux d'un tuyau principal. ibid.

Il y a des cas où l'on ne donne point aux jets toute la hauteur qu'ils pourroient atteindre. ibid.

Des robinets, regards & ventouſes qu'il convient de faire aux tuyaux de conduite. 414

Dans bien des cas les eaux machinales ſont préférables à celles qui viennent des ſources. ibid.

Des réſervoirs qui contiennent l'eau deſtinée à la diſtribution générale pour la décoration d'un jardin. 415

De quelle maniere on doit conſtruire les baſſins pour être bien étanches. 416

Il faut que les baſſins aient une décharge de fond & une de ſuperficie, accompagnés d'un regard. 417

Qualité & préparation de la glaiſe pour les baſſins. ibid.

On ne fait point de plate-formes de maçonnerie aux grands baſſins & aux réſervoirs. 418

Maniere de conſtruire les citernes pour conſerver l'eau des pluies. ibid.

Problême pour déterminer l'épaiſſeur qu'il faut donner aux murs qui doivent ſoutenir la pouſſée de l'eau. 420

On peut faire abſtraction de la longueur des murs qui ſoutiennent la pouſſée de l'eau, pour ne conſidérer que leur profil. ibid.

Le poids d'un certain volume de maçonnerie eſt à celui d'un égal volume d'eau dans le rapport de 12 à 7. 421

Formule pour déterminer l'épaiſſeur des murs, qui n'ayant point de talud, ſoutiennent l'eau ſur toute leur hauteur. 422

Autre formule pour trouver l'épaiſſeur des murs dont la hauteur ſurpaſſe celle de l'eau. ibid.

Formule pour trouver l'épaiſſeur du ſommet des murs qui ont un talud extérieur, & qui ſoutiennent la pouſſée de l'eau dans l'état d'équilibre. ibid.

Fin de la Table.

RARE
TC
144
B43
1985
Pt. 1
V. 2

THE J. PAUL GETTY CENTER
LIBRARY